

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Bakalářská práce
Hydraulický pohon lisu tramvajových náprav
Hydraulic Press Drive of Tram Axles

Student: Ondřej Vykoukal
Vedoucí bakalářské práce: Dr. Ing. Miroslav Bova

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Zadání bakalářské práce

Student:

Ondřej Vykoukal

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení

Téma:

Hydraulický pohon lisu tramvajových náprav
Hydraulic Press Drive of Tram Axles

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši k danému tématu.
2. Navrhnete technické řešení daného problému.
3. Vypracujte projekční řešení pohonu lisu.
4. Proveďte potřebné technické výpočty.
5. Zpracujte výrobní dokumentaci hydraulického válce.
6. Zpracujte návod na obsluhu a údržbu.

Seznam doporučené odborné literatury:

Sivák, V. projektování hydraulických systémů. ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990.331s Skriptum ISBN 80-7078-037-1

Pivoňka, J a kol. tekutinové mechanismy. praha: SNTL, 1997.623s

Projekční podklady firem, Interfluid a DPO Ostrava

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Dr. Ing. Miroslav Bova**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013

prof. RNDr. Milada Kozubková, CSc.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20. 5. 2013



podpis studenta

Prohlášení o využití výsledků práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20. 5. 2013



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Ondřej Vykoukal

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Břeclav, Komenského 8, 691 41

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VYKOUKAL, O. *Hydraulický pohon lisu tramvajových náprav: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2013, 53s. Vedoucí práce: Dr. Ing. Miroslav Bova.

V bakalářské práci je řešen hydraulický pohon lisu tramvajových náprav. V úvodní části je popsána historie železniční přepravy, vývoj dopravních prostředků se zaměřením na samotný podvozek vozidla. Pro řešení bylo vybráno jedna z navrhovaných variant a ta byla rozpracována do formy projektu a to i s potřebnými pevnostními výpočty.

KLÍČOVÁ SLOVA

Hydraulický pohon, náprava, doprava, maximální provozní tlak, maximální průtok, návrh, ventil.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

VYKOUKAL, O. *Hydraulic press for the tram axles*: Thesis. Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, 2013, 53p Supervisor: Dr. Ing. Miroslav Bova.

In the bachelor thesis is solved by a *hydraulic press for the tram axles*. In the introductory part describes the history railway transport, development of transport with focus on actual vehicle chassis. For solution was selected one of the options proposed and it was developed to the form of projects with it's necessary strength calculations.

KEYWORDS

Hydraulic drive, axle, transport, maximum operating pressure, maximum flow, design, valve.

Obsah

Seznam symbolů, veličin a zkratk	9
Značení veličin a jednotky	9
Zkratky	10
1. Úvod.....	11
2. Historie kolejové dopravy	12
2.1 Železniční doprava.....	12
2.1.1 Vývoj železniční dopravy před vznikem Československé republiky.....	12
2.1.2 Vývoj dopravy v období 1. Republiky	14
2.1.3 Stav dopravy v letech 2. světové války a okupování nacistickým Německem	17
2.1.4 Stav dopravy po osvobození do roku 1948	18
2.1.5 Vývoj dopravy v letech 1948-1989	18
2.1.6 Vývoj dopravy v letech 1989- 2000	19
2.2 Vývoj městské hromadné dopravy	19
2.2.1 Vývoj městské hromadné dopravy za 1. Republiky	19
2.2.2 Stav městské hromadné dopravy za 2. světové války a okupace nacistickým Německem	24
2.2.3 Stav městské hromadné dopravy po osvobození do roku 1948	24
2.2.4 Vývoj městské hromadné dopravy v letech 1948- 1989	25
3. Kola a nápravy	28
3.1 Kolová část nápravy.....	28
3.2 Nápravy kolejových vozidel	29
3.2.1 Výroba náprav	30
3.2.2 Výroba dutých náprav	31
3.2.3 Nápravy tramvají	32
4. Technický návrh hydraulického pohonu	33
4.1 Zadané hodnoty.....	33
4.2 Dispozice zařízení.....	33
4.3 Návrh systému	34
4.3.1 Hydraulický válec.....	34
4.3.2 Návrh pohonného systému	34
4.3.3 Návrh rozvaděče	36
4.3.4 Návrh škrtícího ventilu	37

Obsah

4.3.5	Návrh pojistného ventilu	37
4.3.6	Návrh redukčního ventilu	38
4.3.7	Návrh kulového ventilu	38
4.3.8	Návrh sedlových ventilů	38
4.3.9	Návrh akumulátoru	39
4.3.10	Návrh oleje	40
5.	Ztráty v hydraulickém obvodu	41
5.1	Návrh světlosti tlakového a zpětného vedení	41
5.2	Průměr tlakového vedení	41
5.3	Reynoldsovo číslo	41
5.4	Součinitel tření	41
5.5	Hydraulický odpor vedení	42
5.6	Průtok v tlakovém vedení	42
5.7	Tlakový spád v tlakovém potrubí	42
5.8	Tlakový spád v celém úseku	42
5.9	Celkový tlakový spád	42
6.	Pokyny pro montáž, údržbu, uvedení do provozu a bezpečnost práce	43
6.1	Montáž potrubí	43
6.2	Montáž prvků	43
6.2.1	Hydrogenerátor	44
6.2.2	Hydraulický válec	46
6.2.3	Ventily	47
6.3	Bezpečnost práce	48
7.	Návod na obsluhu	50
8.	Závěr	51
9.	Seznam použité literatury	53
10.	Seznam příloh	54

Přílohy

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 2-1: Parní lokomotiva „Buštěhradka“ [1]</i>	12
<i>Obrázek 2-2: Motorová lokomotiva řady 770 „Čmelák“ [1]</i>	19
<i>Obrázek 2-3: Otevřený vůz „koňky“ [1]</i>	20
<i>Obrázek 0-4: Vlečný kropící vůz [1]</i>	21
<i>Obrázek 0-5: Nejnovější tramvaj Tatry a nízkopodlažní vůz RT6 [1]</i>	25
<i>Obrázek 3-1: Stavba kola [20]</i>	28
<i>Obrázek 3-2: Náprava železničního vozu [21]</i>	29
<i>Obrázek 3-3: Kování nápravy [21]</i>	30
<i>Obrázek 4-1: Dispozice zařízení</i>	33
<i>Obrázek 4-2: Δp- Q charakteristika zpětného ventilu [7]</i>	35
<i>Obrázek 4-3: Δp- Q charakteristika pojistného ventilu [7]</i>	35
<i>Obrázek 4-4: Δp- Q charakteristika rozvaděče [8]</i>	36
<i>Obrázek 4-5: Δp- Q charakteristika škrtkového ventilu [9]</i>	37
<i>Obrázek 4-6: Δp- Q charakteristika pojistného ventilu [10]</i>	37
<i>Obrázek 4-7: Δp- Q charakteristika redukčního ventilu [11]</i>	38
<i>Obrázek 4-8: Δp- Q charakteristika sedlových ventilů [13], [14]</i>	39

Seznam symbolů, veličin a zkratk

Značení veličin a jednotky

Značka	Veličina	Jednotka
p	Pracovní tlak	bar
p_{max}	Maximální pracovní tlak	MPa
F	Pracovní síla	N
F_{vz}	Síla na vzpěr	N
D	Průměr pístu	mm
d	Průměr pístnice	mm
S	Obsah plochy	mm ²
π	Rudolfovo číslo	1
h	Zdvih	mm
s_k	Volná vzpěrná délka	mm
E	Modul pružnosti	MPa
J	Plošný moment setrvačnosti pro kruhový průřez	mm ⁴
k	Bezpečnost	1
V_G	Geometrický objem	cm ³
Q_G	Objemový průtok	l·min ⁻¹
Q_{max}	Maximální průtok	l·min ⁻¹
n	Maximální otáčky	min ⁻¹
v_1	Výsuvná rychlost	mm·s ⁻¹
v_2	Zásuvná rychlost	mm·s ⁻¹
P	Výkon	kV
U	Napětí	V
f	Frekvence	Hz
V_N	Objem nádrže	l
V_A	Objem akumulátoru	l
V_V	Objem hydraulických válců	l
V_u	Užitečný objem akumulátoru	l
V_c	Celkový objem akumulátoru	l
DN	Jmenovitá velikost	1
p_0	Plnicí tlak akumulátoru	MPa
p_1	Pracovní tlak akumulátoru	MPa

Seznam symbolů a zkratk

Značka	Veličina	Jednotka
p_2	Maximální tlak akumulátoru	MPa
V_1	Součet užitečného objemu a objemu plynu v akumulátoru	l
V_2	Objem plynu v akumulátoru	l
V_z	Rezervní objem v akumulátoru	l
n	Polytropický exponent	1
v_p	Rychlost kapaliny v potrubí	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
v_{p1-4}	Rychlost kapaliny v tlakových úsecích potrubí	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
v_{p5}	Rychlost kapaliny v odpadní větvi potrubí	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
d_{p1-4}	Světlost tlakového potrubí	mm
d_{p5}	Světlost odpadního potrubí	mm
S_{p1-4}	Obsah plochy tlakového potrubí	mm^2
S_{p5}	Obsah plochy odpadního potrubí	mm^2
Re	Reynoldsovo číslo	1
ν	Kinematická viskozita	$\text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$
λ	Součinitel tření	1
R	Hydraulický odpor vedení	$\text{N}\cdot\text{m}^{-8}\cdot\text{s}^2$
ρ	Hustota	$\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Q_p	Průtok ve vedení	$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$
Δp_{zp}	Tlakový spád v potrubí	Pa
Δp_{z1}	Tlakový spád v celém úseku	Pa
Δp_z	Celkový tlakový spád	MPa

Zkratky

Zkratka	Význam
ČD	České dráhy
RIV	Mezinárodní svaz pro nákladní vozy
RIC	Mezinárodní svaz osobní a zavazadlové dopravy
UIC	Mezinárodní železniční unie
CIV	Úmluva o přepravě cestujících a zavazadel
CIM	Evropská konference jízdních řádů nákladních vlaků
ČSR	Československá republika
ČSD	Československé dráhy

1. Úvod

Úkolem mé bakalářské práce, je vytvořit technicky funkční návrh hydraulického pohonu pro lis tramvajových náprav. Důvodem proč se takovéto lisy vyrábějí, je především ten, že je potřeba vyměňovat jen některé součásti nápravy. A to z důvodů deformace, obroušení nebo opotřebení těchto prvků. Dalším důvodem je požadavek na úsporu materiálů, proto je snaha, aby náboj kola byl zachován. Mění se tedy jen obruče kol. Z dlouholetých zkušeností je známo, že síla, která je potřebná pro dostatečné mechanické nalisování obručen na náboj kola je potřeba udržet po dobu t . Z tohoto důvodu se jeví jako nejlepší možností volba hydraulického pohonu

V první kapitole teoretické části se zabývám historickým rozvojem kolejové dopravy.

Ve druhé kapitole teoretické části se zmiňuji o konstrukci kolové části náprav. Zmiňuji se zde také o tom, jak se nápravy rozdělují a stručně popisují, jak se tyto nápravy vyrábějí.

V další kapitole se již zabývám samotným technickým návrhem daného hydraulického systému. Jedná se především o volbu jednotlivých prvků. Popřípadě uvedení výpočtů potřebných hodnot, které jsou důležité pro tuto volbu.

Čtvrtou kapitolu věnuji ukázce výpočtu tlakových ztrát v navrhovaném systému. Rozpracovávám zde výpočet prvního úseku tlakového vedení, zbylé větve jsem zpracoval do tabulky a přikládám ji jako jednu z položek přílohy

V páté kapitole uvádím pokyny pro montáž, údržbu, uvedení do provozu a bezpečnost práce.

Poslední kapitolu věnuji návodu na obsluhu tohoto zařízení.

2. Historie kolejové dopravy

Kolejovou dopravu je možno rozdělit do dvou větví. Jsou jimi železniční doprava a městská hromadná doprava. [1]

2.1 Železniční doprava

2.1.1 Vývoj železniční dopravy před vznikem Československé republiky

Dne 30. Září 1828 historie železniční dopravy, kdy započal provoz prvního vlaku koněspřežné dráhy z Českých Budějovic na rozvodí Dunaje a Vltavy u Kerschbaumu. V roce 1832 byla dráha dovedená do Lince a jednalo se o nejstarší veřejnou železnici na území Evropy. Byla soukromím majetkem „První privilegované rakouské železniční společnosti“. Měla délku 129 kilometrů a sloužila pro přepravu nákladu i osob. V roce 1856 trať odkoupila a přebudovala na parostrojní provoz Rakouská společnost Dráhy císařovny Alžběty.

V roce 1830 byla zavedena druhá koněspřežka na trati Praha- Dejvice a Lány. Trať se však ukázala být nevýnosná a v roce 1863 byla odkoupena společností Buštěhradské železnice, která ji přebudovala na parostrojní provoz. Sloužila zejména pro přepravu uhlí z Kladna do Prahy.

Společnost Severní dráhy Ferdinandovy zavedla na naše území první parostrojní železnici. Její hlavní trať vedla z Vídně do Krakova. První úsek Vídeň- Wagram byl provozu schopný koncem roku 1837, trať do Břeclavi byla zavedena v červnu 1839 a již 7. července 1839 zahájila pravidelná osobní doprava i na odbočce z Břeclavi do Brna.



Obrázek 2-1: Parní lokomotiva „Buštěhradka“ [1]

Od začátku byl rozvoj železniční dopravy spojován s využitím armádních sil. Rakouská generalita rychle pochopila výhody železniční dopravy- rychlou přepravu vojsk na velké vzdálenosti. Tento fakt hrál v územní rozlehlosti Rakouska mimořádně závažnou roli, a díky

tomu již v roce 1839 pomohl prosadit a urychlit výstavbu tzv. Severní dráhy Ferdinandovy, propoující Vídeň přes Moravu s Haličí, jako nástupní prostor pro válku s Ruskem.

Postupně následovalo dokončování dalších úseků této trati, a to v roce 1841 z Břeclavi do Přerova a dále na odbočce Přerov- Olomouc, v roce 1842 hlavní trať dorazila do Lipníka nad Bečvou. V roce 1847 byla trať prodloužena do Bohumína. Rok na to byla odtud zbudována přípojka do Annabergu (Chalupki). V současné době je trasa Břeclav- Petrovice u Karviné součástí 2. rychlostního koridoru ČD.

V období let 1842- 54 probíhá výstavba státních drah. Toho času rakousko- uhersko vybudovalo na našem území tzv. Severní státní dráhu. O vybudování tohoto spojení se zasloužil český stavitel železnic Jan Pernér.

Roku 1855 rakouská vláda prodává Severní státní dráhu a to soukromé společnosti Rakouské státní dráhy, financované francouzskou bankou bratří Péreů. Do roku 1865 bylo vybudováno 320 km tratí.

Od roku 1866 až do roku 1873, kdy proběhla krize na vídeňské burze, bylo v českých zemích zbudováno přes 2600 km převážně hlavních tratí. Po roce 1880 se opět stát ujímá správy železničních drah a vykupuje majetek soukromých společností.

Neustále měla na rozvoj železniční dopravy velký vliv armáda. V roce 1876 byl vytvořen železniční pluk a v roce 1890 měla německá armáda již železniční brigádu se stavebním plukem, výcvikovým střediskem a materiálovým zázemím. Podle tohoto vzoru vytvořila rakouská armáda v devadesátých letech železniční a telegrafní pluk, vojenské železniční velitelství a železniční oddělení generálního štábu. Rakouské železniční jednotky a štáb pluku byl až ze 40% doplňován vojáky české národnosti.

Již od počátku budování železničních tratí mají mnohé mezinárodní charakter, i když neexistovala žádná smluvní ujednání ani po stránce technické, ani po přepravní stránce. Plynulý přechod přes hranice byl zajišťován dvoustrannými, později mnohostrannými konferencemi. Jednou z prvních organizací v této oblasti se stal Spolek střeoevropských železnic vzniklý v roce 1846, a který významně ovlivnil rozvoj železniční dopravy ve střední Evropě.

Během 1. světové války se stalo několik událostí, které sehrály určitou roli v poválečném vývoji železniční dopravy. Jednalo se o postavení a úlohu, kterou měly československé Legie v Rusku. Ve složitých podmínkách Ruska, zabezpečily železniční útvary přepravu československých vojsk z Bachmače do Vladivostoku a položili základ významnému postavení, které v zabezpečení provozování železniční dopravy Československé republiky sehrálo železniční vojsko.

Velmi zajímavým odvětvím v železniční dopravě je vývoj organizace zdravotní péče o železničáře v Evropě a našich zemích. Příčinou silného podnětu pro vznik organizované zdravotní péči o železničáře se vlastně staly železniční nehody. Bylo zapotřebí zajistit bezpečnost železniční dopravy a to nejen z hlediska technické stránky, ale také učinit opatření vůči selhání lidského činitele. To v podstatě ovlivnilo obsah náplně železniční zdravotní služby ve světě.

Díky zkušenostem z železničních neštěstí byly zavedeny záchranné kolejové vozy, které se staly součástí záchranného zdravotnického vybavení. Záchranné vozy, vybavené potřebným množstvím zdravotnického materiálu, měly k dispozici všechny evropské státy. Je třeba zmínit, že takovéto vozy byly až do konce šedesátých let minulého století také součástí vozů na našich železnicích. [1]

2.1.2 Vývoj dopravy v období 1. Republiky

Na vývoji Československé republiky měla také vliv nově se formující československá armáda. Mezi prapory působící na našem území byl také železniční oddíl bývalého rakousko-uherského železničního pluku v Korneuburgu, který byl umístěn u Vídně. Díky iniciativě mjr. Ing. Františka Schaniela pracovníka železničního oddělení rakouského generálního štábu. Od 13. 11. 1918 se začalo organizovat shromaždiště mužstva a důstojníků železničních odborností v Milovicích a v Lysé nad Labem. Dne 21. listopadu 1918 byl tento oddíl uznán jako hospodářským tělesem a začleněn do sestavy vojsk československé branné moci. Od listopadu 1918 zahájila československá armáda obsazovat české a moravské pohraničí, které dosud ovládalo vedení čtyř německých provincií.

Začátkem listopadu 1918 proběhly ozbrojené akce v západních Čechách, které měli zacíl převzetí železničních tratí. Během prosince vstoupila československá armáda do všech čtyř provincií. V listopadu 1918 byly jednotky železničního praporu nasazeny na Slovensko, kde měly střežit spojení mezi Moravou a Slovenskem. Zde se podílely na ochraně důležitých míst a objektů na železnici. Na Slovensku se čs. armáda střetla s maďarskými ozbrojenými složkami. Postupně obsadily oblast až po povodí Nitry. Celou akci podporoval jeden obrněný vlak, který spadl pod velení železničního vojska, a logisticky ji zabezpečovala železniční rota. Operace byla ukončena 27. 12. 1918.

Dne 21. prosince 1918 železniční prapor bezchybně zajistil přepravu prezidenta ČSR T. G. Masaryka zvláštním vlakem z Horního Dvořiště do Prahy.

1. Československá republika převzala v roce 1918 železniční síť o délce 11 400 km, z čehož bylo 12% dvoukolejných tratí. Tuto síť tvořily kromě státních drah také zbytky tří společností, a to Košicko-bohumínské dráhy, které byly zestátněny až 30. 12. 1948, Ústecko-

teplické dráhy a Buštěhradské železnice, které stát převzal v roce 1923. Dále také převzali do státního vlastnictví 148 místních drah, postavených státní nebo zemskou zárukou minimálního výnosu a to převážně v českých zemích.

V souvislosti s poválečnou hospodářskou konsolidací dochází k obnovení a rozšíření mezinárodních styků. V roce 1921 vznikají dva svazy tj. Mezinárodní svaz pro nákladní vozy (RIV) a Mezinárodní svaz osobní a zavazadlové dopravy (RIC). Rok na to byla založena Mezinárodní železniční unie (UIC). V roce 1923 byla podepsána Úmluva o přepravě cestujících a zavazadel (CIV), ale v platnost vstoupila až v roce 1928. Jako poslední mezinárodní železniční organizace v meziválečném období vznikla Evropská konference jízdních řádů nákladních vlaků (CIM) v roce 1930.

Protáhlý tvar území ČSR ze západu na východ vyžadoval určité změny v železniční síti. V českých zemích tvořila síť samostatný a vývojově uzavřený celek s průměrnou hustotou 0,12 km stavební délky tratí na km². Z toho plyne, že tato část území nevyžadovala zásadní změny, a tudíž nebyla potřeba rekonstrukce železničních uzlů. Oproti tomu Slovensko a Podkarpatská Rus tvořila okrajovou část Uher a hustota tratí oproti Čech, Moravy a Slezsku byla poloviční. A proto v období 1918- 1939 se stát věnoval výstavbě nových železnic převážně na území Slovenska.

Z počátku se rekonstrukce zaměřila na zbudování druhé koleje v úsecích bývalých místních drah mezi Brnem a Bratislavou, která byla v délce 70 km dokončena již roku 1921.

V pražském uzlu byla zbudována nová spojka Libeň horní- Malešice- Vršovice. V Brně byla vytvořena komárovská spojka.

V první polovině dvacátých let nastal technický skok železniční dopravy, což na určitou dobu zaručilo vyšší poptávku po tomto způsobu dopravy.

Období 1924- 1929, ve kterém ČSD převzaly většinu místních drah, se dá označit za období hospodářského vzestupu. Během roku 1927 započalo ve větší míře zavádění motorových trakcí, z počátku šlo jen o zavádění motorových trakcí u místních drah. Rok 1929 představuje vrchol provozních výkonů i finančních výsledků ČSD v celém období let 1918- 1939. Již v tomto roce se objevili nedostatky při přistavování nákladních vozů, zvláště pro převoz uhlí, a byla kritizována malá rychlost vlaků, technická nedokonalost železničních zařízení a nedostatky v organizaci a v hospodářství.

V roce 1920, poté co se vrátily české legie z Ruska, došlo ke sloučení legionářských železničních jednotek s železničním plukem. V roce 1926 dochází ke sloužení železničního vojska a ženijního vojska a zároveň byla provedena reorganizace železničního pluku.

Politické poměry v Evropě pomohly uspíšit výstavbu na Slovensku. V letech 1919- 1935 převládaly při budování tratí hospodářské zájmy, od roku 1935 zase vojensko- strategické.

Rozšířený program výstavby počítal při rekonstrukci a výstavbě drah nových se zvýšeným nápravovým tlakem. Jelikož se jednalo o stavbu branou především z hlediska vojensko-strategického a ne z hlediska provozně- hospodářského, tak byla snaha o minimalizaci nákladů.

Kvůli realizaci vojenského železničního programu bylo potřeba zapojení i železničního vojska, budovali železniční vlečky k obranným stavbám a výrobním podnikům válečného průmyslu. V letech 1927- 28 zbudoval železniční pluk pomocnou lanovou dráhu v Jánských Lázních, při polním cvičení připojil vlečku technického cvičiště na nádraží a pomáhal rozšířit nádraží Pardubice při výjezdu do České Třebové apod.

Doba, která nastala po doznění následků hospodářské krize, byla pro ČSR vcelku úspěšná a především díky technické vyspělosti strojnictví, stavebnictví a dalších oborů přivedlo ČSD v řadě ukazatelů na jedno z předních míst v Evropě. Je všeobecně známa dobrá úroveň kvality nových lokomotiv, především z továren ČKD Praha a Škoda Plzeň, i vozů z místních továren v čele s tradičním výrobcem Ringhoffer Praha- Smíchov a vagónkou Tatra Kopřivnice. Zmínění výrobci byli velice úspěšní i při dodávání po Evropě. Za největší úspěch bylo pravděpodobně považováno zavádění motorové trakce. První motorové vozy byly zavedeny do pravidelného provozu roku 1927 a již v roce 1928 jejich počet vzrostl na 68. V období roku 1933 se na dráhy dostaly větší motorové vozy známé jako „Modré šípky“, které sloužily k tažení lehkých rychlíků.

První z těchto vozů byly nasazeny na rychlíky mezi Prahou a Plzní a to jako náhrada za parní trakci. Rychlík Slovenská strela na bázi benzínoelektrického pohonu a lehké konstrukce vytvořily nový spoj na trase Praha- Brno- Bratislava a byly na něm využity dva nově dodané motorové vozy vyrobené v Tatra Kopřivnice v roce 1936. Vozy jezdily samostatně a pojaly 72 cestujících v tehdejší 2. třídě. Trať dlouhou 397 km projely za 4 hodiny 51 minut, což představovalo úsporu 1 hodiny oproti běžným rychlíkům. Vozy dosahovali cestovní rychlosti odpovídající 92 km/h, nejvyšší povolená rychlost byla 130 km/h a při zkouškách byla v úseku Olomouc- Zábřeh dosaženo rychlosti 148 km/h.

Motorová trakce, která byla uplatňovaná v podmínkách ČSD se svými provozními i ekonomickými parametry prosadila a zaznamenala stálý nárůst. Na začátku roku 1936 měly ČSD k dispozici 443 motorových vozů, a díky tomu zaujali v počtu motorových vozů na trati druhé místo hned za německými drahami. Vzhledem k tomu, že v meziválečném období nebyl u nás k dispozici vhodný spalovací motor většího výkonu a také přenos výkonu byl stále ve vývoji, nedošlo tehdy u ČSD k zavádění výkonnějších motorových lokomotiv, ČSD zakoupilo v letech 1930-32 pouze 7 malých tzv. lokotraktorů.

V období 1918- 39 se zavádění elektrické trakce u ČSD omezilo na elektrizaci pražského železničního uzlu. Do té doby byly na území České republiky v provozu ČSD pouze dvě elektrické dráhy, a to Tábor- Bechyně z roku 1903 a Certlov- Lipno z roku 1911. Jelikož nebyly zatrolejovány všechny staniční koleje (napětím 1500 V stejnosměrného proudu), bylo rozhodnuto zakoupit ještě několik akumulátorových elektrických lokomotiv. Elektrický provoz byl zahájen Františkem Křižíkem v květnu 1926, kdy byla jeho továrnou dodána ve spolupráci s firmou Breitzfeld- Daněk první akumulátorová lokomotiva, druhou dodal ČKD v roce 1928, další dvě firma Škoda v roce 1931. Následovalo dalších 10 dodaných firmou Škoda Plzeň, dvě v roce 1943 a dalších 8 v období 1947- 1949. V letech 1927- 1930 bylo dodáno 18 lokomotiv napájených z troleje a to různými dodavateli a to v sedmi různých řadách, šlo tedy spíše o prototypy. K tomu byla přidána devatenáctá upravená Křižíkova malá dvounápravová lokomotiva, původně určena pro vídeňskou městskou dráhu.

ČSR od počátku patřila mezi státy s dosti velkou, ale zato nerovnoměrnou hustotou sítě a se silnou intenzitou dopravy. Přitom jen malé množství tratí byla rentabilní, povětšina drah se ukazovala jako ztrátová. Vláda se rozhodla v roce 1924 zestátnit vedlejší tratě garantované státem, v druhé etapě pak následovaly místní tratě na Slovensku a následně v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. [1]

2.1.3 Stav dopravy v letech 2. světové války a okupování nacistickým Německem

Od roku 1938, kdy došlo k odtržení znané části českého území, nastaly značné problémy v naší železniční dopravě. Např. na trase Praha- Česká Třebová- Olomouc došlo na několika místech k přerušení, protože vedla přes území tzv. Sudet. Podobných případů bylo mnohem více. S odstoupeným územím byly ČSD donuceny vzdát se části vozového parku, celkem 887 lokomotiv, 2 277 osobních a 23 500 nákladních vozů.

Dne 9. října 1938 byla zahájena demobilizace. Jednotky železničního pluku byly zařazeny do stálých posádek. Povolané zálohy byly využity pro zabezpečení přepravy vojsk odcházejících z pohraničních oblastí a nedislokovanými do vnitrozemí. Demobilizace byla ukončena 28. února 1939.

Mnoho příslušníků železničního pluku se zúčastnila domácího nebo zahraničního odboje. Především pak poskytovala pomoc při partyzánských akcích za účelem likvidace železničních tratí a objektů. Mnoho z nich se dostalo do koncentračních táborů. Další se účastnily bojů v Slovenském národním povstání. V železničních dílnách Zvolen byly vyrobeny tři pancéřované vlaky jako podpůrný prostředek 1. Československé armády na Slovensku- Štefánik, Hurban, Masaryk. [1]

2.1.4 Stav dopravy po osvobození do roku 1948

Po skončení 2. světové války se zahájila obnova železniční dopravy. V Čechách se škody ukázaly jako minimální, zato hůř na tom byly dráhy na severu Slovenska a východě Moravy. V Čechách činily škody několik železničních uzlů, které se nouzově rychle opravily. Největší problémem byly zničené mosty a poškozené tunely, což bylo na území Slovenska 70% těchto staveb.

Nakonec se během jednoho roku zprovoznila celá železniční síť Československé republiky. Postupně se obnovoval také vozový park a to také díky zařazení zavlečených vozů z DR (Deutsche Reichsbahn). Koncem roku 1945 byla vyrobena nová lokomotiva v závodě Škoda Plzeň a o rok později zahájila výrobu také ČKD Praha.

V ČR má velmi bohatou tradici využívání výpočetní techniky na železnici. Postupně se rozšířilo využívání děroštitkových strojů Hollerith. Koncem roku 1945 bylo již instalováno 133 souprav. V letech 1947- 48 se doprava dostala v základních ukazatelích na předválečnou úroveň. [1]

2.1.5 Vývoj dopravy v letech 1948-1989

V roce 1948 se železniční doprava dostala v důležitých ukazatelích na předválečnou úroveň. V tomto roce se událo formální gesto zestátnění všech drah pro veřejnou dopravu. V této době se železnice podílely z 94 % objemu přepravy na veřejné přepravě zboží v tunách a na 95 % přepravního výkonu v tunových kilometrech. Později došlo k relativnímu poklesu v neprospěch drah.

Díky vlivu rostoucí mezinárodní dělby práce železniční dráha od samotného počátku přesáhla rámec jednoho státu a stala se významným nástrojem rozvoje mezinárodního obchodu a kooperace mezi státy.



Obrázek 2-2: Motorová lokomotiva řady 770 „Čmelák“ [1]

V roce 1953 došlo k rozsáhlému zavádění motorových traťových lokomotiv a elektrizaci tratí od roku 1955. V roce 1953 byly vyrobeny v podniku Škoda Plzeň první dva prototypy elektrických lokomotiv pro zvolenou napájecí soustavu 3000 V stejnosměrného proudu. Lokomotivy byly zkonstruovány i pro provoz na pražských spojkách. Tyto lokomotivy byly testovány na polských drahách. [1]

2.1.6 Vývoj dopravy v letech 1989- 2000

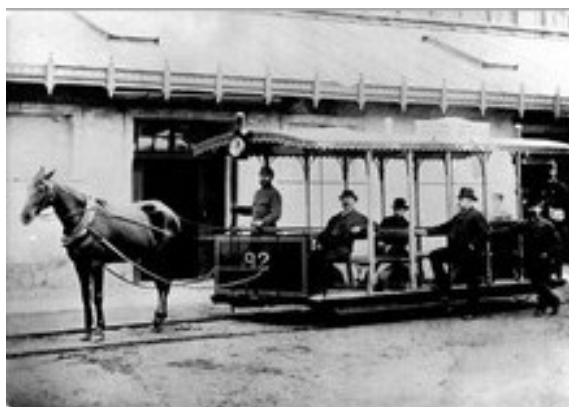
Současná úroveň techniky v železniční dopravě, je ve srovnání se silniční dopravou bezpečnější, v řadě případů i rychlejší a je zejména při osobních přepravách na dlouhé vzdálenosti také pohodlnější. [1]

2.2 Vývoj městské hromadné dopravy

2.2.1 Vývoj městské hromadné dopravy za 1. Republiky

Před rokem 1918 byl vývoj městské hromadné dopravy na našem území dosti nerovnoměrný a byl ovlivněn úrovní průmyslu v různých oblastech. Za první organizovanou městskou dopravou lze považovat fiakry, hromadná doprava nastupuje později v podobě koněspřežných omnibusů. Bohužel jejich přepravní kapacita nebyla schopna uspokojit vzrůstající potřebu přemístění ve větších městech. Na dlouhou dobu převládla ve městech hromadná kolejová doprava. Prvně se jednalo o koněspřežnou tramvaj, která byla později nahrazena v některých případech parním, ale ty byly nahrazeny dominantním elektrickým motorem.

V Praze dne 23. září 1875 vyjely do ulic první koněspřežné vozy a zahájily období kolejové městské dopravy. Projekt realizoval belgický obchodník Eduard Ottlet stavbou trati z Karlína k Řetězovému mostu, trať byla 3,5 km dlouhá. Za rok byla trať prodloužena od Řetězového mostu přes Újezd až po Smíchovské nádraží. V roce 1882 došlo k vybudování dalších tratí a k připojení mimopražských obcí do této sítě. Vrcholu svého vývoje dosáhla koňská dráha v devadesátých letech 19. století, zejména v období Zemské jubilejní výstavy. K této výstavě instaloval František Křížík elektrickou tramvaj z Letné do Stromovky. V roce 1896 zbudoval elektrickou dráhu z Florence do Libně a Vysočan, následující rok od hlavního nádraží na Floru. V tom stejném roce vznikla snahou košířského starosty Hlaváčka dráha od Anděla na Klamovku v Košířích.

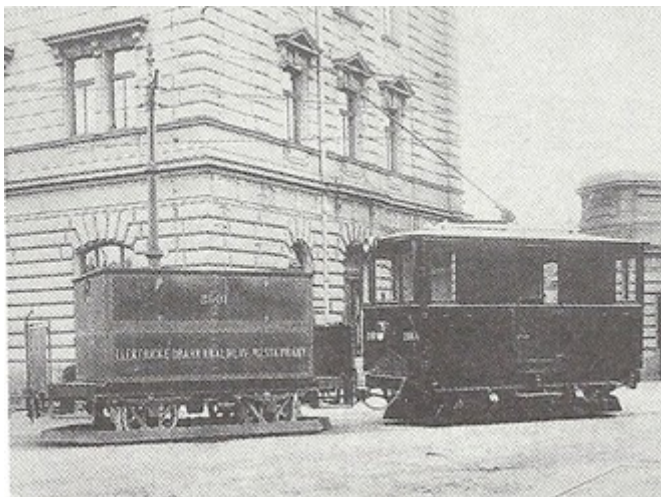


Obrázek 2-3: Otevřený vůz „koňky“ [1]

Poté se rozhodla pražská obec spravování provozu městské dopravy, za tím účelem zřídila ke dni 1. 10. 1897 Elektrické podniky. Po vykoupení koňky v roce 1898 zahájily Elektrické podniky intenzivní modernizaci městské dopravy a v letech 1898- 1900 vystavěly ústředí elektrickou stanici v Holešovicích. Rozvoj pražské dopravy pokračoval až do roku 1914, kdy síť tratí měla již 14 linek. V roce 1905 byl zrušen poslední úsek pražské koňské dráhy na Karlově mostě a byl nahrazen elektrickou trakcí. Již v tomto roce v Praze jako v prvním českém městě dochází do značné míry k unifikaci vozového parku tramvají.

Již v roce 1898 začalo uvažovat nad podzemní dráhou v Praze. Návrh byl označen za nepotřebný a tedy zamítnut. V roce 1912 předkládá ing. Bohuslav Vondráček projekt podpovrchové tramvaje v trase Václavské náměstí- Rudolfínem.

Koněspřežná dráha v Brně patřila mezi první města v Rakousku- Uhersku. Jejich provozováním se stala Brněnská tramvajová společnost pro osobní a nákladní dopravu. Provoz byl zahájen 17. srpna 1868 na trati Kiosku do předměstí Kartouzy (Královo Pole). V průběhu dalšího roku byly zbudovány další úseky v trase malého okruhu, který byl vybudován po zrušení hradeb a zasypání příkopů. Provoz obsahoval 63 vozů, z toho 10 vozů nákladních. Po přerušení provozu v letech 1875- 76 se vedení ujímá ředitel pražské tramvajové dopravy Bernhard Kollman, který obnovil provoz jen na prvním úseku. Již během roku 1881 se snažili představitelé města najít vhodnějšího podnikatele. Nakonec se vedení ujal Wilhelm Lindeim. Šlo o podnikatele ve výstavbě drah, zejména ve Vídni. V květnu 1884 zavedl do provozu parní trakci, která byla jako výhradní provozována 15 let. V roce 1900 byl souběžně zahájen provoz elektrickou trakcí. Postupně byl omezen provoz parní trakce, který byl zčásti opět zaveden během 1. Světové války.



Obrázek 2-4: Vlečný kropicí vůz [1]

České Budějovice byly jediným městem, které provozovali městskou kolejovou dopravu v době, kdy se o stavbě parostrojních železnic na evropském kontinentu teprve uvažovalo. Bylo tak v třicátých letech 19. století v rámci stavby a provozu koněspřežné dráhy z Českých Budějovic do Lince, která nekončila před městskými hradbami, ale vedla městskými ulicemi až ke starému solnému skladu. Projekt ing. Gerstnera sledoval usnadnění přepravy zboží zejména soli z Rakouska do Čech. V letech 1907- 08 bylo vystavěno nové nádraží a vznikla potřeba jeho spojení s centrem města a odlehlými částmi.

Díky výhodnému umístění nádraží na Košicko- bohumínské dráze v Českém Těšíně bylo dosavadní historické jádro bez stavby nového mostu odděleného řekou Olší. Město se začalo rozrůstat a dosáhlo velikosti zhruba jedné poloviny starého města. V roce 1909 požádalo město o koncesi na elektrickou malodráhu, která byla uvedena v činnost roku 1911. Rozdělení Těšínska v roce 1920 zapříčinilo zánik této dráhy v roce 1921.

V roce 1894 v Jablonci n. N. továrník Gustav Hoffman inicioval ke vzniku Jabloneckých elektrických drah. V roce 1899 došlo k částečné kolaudaci podle jednotlivých úseků a v roce 1900 následovalo otevírání dalších úseků trati.

Typickým svépomocným podnikem města Jihlavy postiženého vzdálenou polohou nádraží od historického jádra města byla městská malodráha. V roce 1905 se městská rada rozhodla vystavět pouliční dráhu. Projekt byl dokončen a provoz začal v roce 1909. V průběhu let se zdokonalovalo vybavení pro bezporuchový provoz.

Spojení mezi Libereckým nádražím a přiléhajícími průmyslovými předměstími zajišťovalo od roku 1861 celkem 19 drožek. V roce 1894 dal bankéř a finančník Moritz Dinkelsbürer spolu s podnikatelem Liebiegem podnět k žádosti koncesi na tramvajovou dopravu. Stavba dráhy byla zahájena v roce 1897 a 25. října byl zahájen provoz na prvním úseku: nádraží- Jezírko. V průběhu let byl zahájen provoz i na dalších úsecích a také byl rozšiřován park vozidel. Od roku 1904 převzala správu pouliční dráhy obec.

Mariánské Lázně zavadly elektrickou dráhu z důvodu propojení lázeňské čtvrti se vzdáleným nádražím. Fiakry a hotelové omnibusy nestačily pokrýt potřebu tohoto spojení. Zbudování dráhy bylo spojeno s celkovou elektrifikací. Díky rozložení města bylo trasování dráhy velmi jednoduché. Provoz byl zahájen roku 1902 a dráha sklídila velký úspěch, jelikož vozy byly schopné přepravit i zavazadla lázeňských hostů.

Díky nalezišti hnědého uhlí a navazujícímu průmyslu se stalo město Most významným střediskem. Hustě osídlené hornické obce potřebovali místní dopravní spojení, o kterých se začalo uvažovat již v roce 1894. Vedle této otázky vyvstala také otázka zbudování městské elektrárny. V roce 1900 dostalo město koncesi na propojení Mostu s Litvínovem. Uzavřelo smlouvu s firmou AEG Union na provoz malodráhy po dobu 60 let, tím že po vypršení této lhůty případně správa dráhy městu a to bez náhrady. Vedle osobní dopravy byla od roku 1903 zavedena také doprava uhlí pro elektrárnu.

V roce 1888 začala Olomouc s výstavbou komunikace k nádraží. Parní pohon byl pro nebezpečnost zamítnut. A elektrický pohon byl radou zamítnut pod tlakem místní plynárenské společnosti. Ke konci roku 1894 byla vydána licence a vynucovala si rozhodnutí. Byla sestavena odborná komise a po dvou letech doporučila výstavbu elektrické úzkorozchodné dráhy. Na základě koncesí byla přijata nabídka firmy Siemens a Halske s počtem 9 motorových a 4 vlečných vozů. V roce 1914 byl vozový park rozšířen.

V Opavě byl v roce 1903 přijat návrh o zřízení veřejné dopravy. Roku 1904 byla zahájena výstavba a roku 1905 začal provoz, a to na dvou drahách: východní nádraží- nemocnice a městské sady- Kateřinky. Město provoz těchto drah svěřilo společnosti E. L. G. V roce 1912 byla síť tratí rozšířena o trať divadlo- městský hřbitov.

Ostrava se díky rozvoji těžby kamenného uhlí a báňského průmyslu stala v druhé polovině 19. století průmyslovým, obchodním a kulturním centrem severní Moravy. Po mnoha bojích nakonec došlo v roce 1894 k zahájení provozu parní trakce na trati Přívoz- Moravská Ostrava- Vítkovice. Postupem času se začala vyvíjet síť drah a to nesystematicky a živelně. Roku 1902 vznikla koněspřežná dráha na trati Bohumín město- náměstí- Bohumín nádraží, v roce 1904 provoz na trati Hrušov- Polská Ostrava, roku 1909 elektrická trať Moravská Ostrava- Karviná, roku 1912 elektrická trakce na trati Polská Ostrava- Michálkovice a v roce 1913 vznikla parní trakce na trati Vítkovice- Zábřeh. Tímto způsobem vznikla neuspořádaná síť a to na dlouhou dobu.

Město Plzeň mělo v historii významné správní a komunikační postavení v západních Čechách a jako zemská pevnost i značný strategický význam. Již roku 1890 se uvažovalo o zřízení pouliční dopravy. A roku 1892 zažádalo město o koncesi na elektrickou trakci.

Projektování se chopil František Křížík, který měl k tomuto městu osobní vztah. Realizovaná síť měla tři větve jednokolejových tratí, na kterých provoz obstarávalo 20 motorových vozů.

Výhodná poloha Ústí nad Labem mu dávala značnou výhodu. Tento význam spočíval především v přepravě po Labi. Na začátku 90. let 19. století se objevil první návrh na vznik hromadné městské dopravy. V roce 1898 město požádalo o koncesi a vytvoření projektu a dalšího zbudování bylo zadáno rakouské společnosti AEG Union, která měla smlouvu na 10 let provozu. V roce 1909 přešla dráha a městská elektrárna pod správu města. A roku 1911 byl dokončen trati ve vnitřní části města a začala stavba trati do Teplic. V průběhu války z důvodů rekvírování koní ke zvýšení poptávky po nákladní dopravě.

Od 29. 11. 1918 byl do obchodního rejstříku zapsán Elektrické podniky hlavního města Prahy. V roce 1920 vznikla spojením okrajových obcí Velká Praha. To mělo za následek rozšíření městské hromadné dopravy. Elektrické podniky realizovali rozsáhlý investiční program zaměřený na rozšíření sítě, obnovu dráhových zařízení a vozového parku. V roce 1927 dosáhla stavební délka kolejových tratí 100 km. V meziválečném období vznikalo několik návrhů nepodzemní dráhy. Nejzajímavější byl nejspíše návrh Ing. Vladimíra Lista a Ing. Bohumila Belady z roku 1926.

V roce 1920 proběhla první dodávka vozů v rámci modernizace brněnské pouliční dráhy, která pokračovala dalších 5 let. Soustavná výstavba tramvajových tratí do okrajových částí Brna začala v roce 1924 a pokračovala až do fašistické okupace.

V Českých Budějovicích došlo k problému se spojením do Pražského předměstí. Tam by se měla trať městské dopravy křížit s železničním přejezdem. Význam tohoto spojení spočíval ve spojení se hřbitovem, takže bylo nutné problém vyřešit. Řešení se nakonec našlo ve využití trolejbusové trati, jedné z prvních u nás.

V roce 1915 začala přestavba starých motorových vozů na vlečné v Liberci, která se protáhla až do roku 1924. Objednávka nových 10 motorových vozů z vagónky ve Studénce se pro nedostatek surovin protáhla až do roku 1921.

Potřeba mobility obyvatelstva po 1. světové válce si vyžádala posílení hromadné městské dopravy v Mostě. Město využilo nabídky Žitavy, kde roku 1920 byla pouliční dráha, a odkoupila 2 motorové a 2 vlečné vozy. Intenzivní nákladní doprava dala podnět ke stavbě jedné těžké lokomotivy ve vlastních dílnách podniku. Tento vozový park se zachoval až do násilného odtržení pohraniční oblasti, které postihlo i Most. [1]

2.2.2 Stav městské hromadné dopravy za 2. světové války a okupace nacistickým Německem

Počátkem války byly přerušeny práce na slibně se rozvíjejícím projektu podzemní dráhy v Praze. Problémy s energiemi se dotkly i hromadné dopravy. Tak např. v Brně na jednokolejné trati Brno – Černovice - Líšeň byl parní provoz v úseku Černovice - Líšeň nahrazen tramvajovou dopravou až roku 1943. Kvůli náletům byl v letech 1944- 45 parní provoz opět obnoven.

Letecký útok v Českých Budějovicích zaměřený na elektrárnu a vozovnu tramvají velice zkomplikoval veřejnou dopravu a to až do té míry že roku 1950 bylo rozhodnuto zrušit kolejovou dopravu ve městě. Podobný scénář se odehrál také v Jihlavě.

V Ústí nad Labem se v průběhu 2. světové války nějak citelně neprojevila potřeba nahrazování vozů do vozového parku. V březnu roku 1945 nálet citelně zasáhl střed města a poškodil při tom několik vozů. Škody v tomto ohledu však nebyli nijak závažné.

Po vypuknutí druhé světové války převzalo Německo správu na městskou hromadnou dopravou v Olomouci. Olomouc se stala posádkovým městem německého wehrmachtu a nároky na hromadnou dopravu drasticky stoupli. Dráha byla během války poškozena, ale vozový park nezaznamenal větší ztráty.

Opava zaznamenala těsně před okupací i během ní rychlý rozvoj v provozu na elektrické dráze. Podstatné škody na ní způsobily těžké boje o město v roce 1945. Na konci války byla v důsledku poškození vyřazena z provozu.

V Ostravě probíhalo i v době okupace jisté chaotické uspořádání v městské a příměstské dopravě, kterou provozovalo 6 podniků. Válečná výroba v ostravských závodech kladla vysoké přepravní nároky na tuto dopravu.

V Plzni ovlivnil urychlený přechod na pravostranný provoz běh městské kolejové dopravy. U některých vozů se přitom nedodržel původní počet a rozmístění vstupních dveří. Město usilovalo o dodávku nových vozů, ale to se podařilo pouze u omezeného počtu motorových jednotek. [1]

2.2.3 Stav městské hromadné dopravy po osvobození do roku 1948

Po ukončení druhé světové války zaujímaly rozhodující roli v městské hromadné dopravě v Praze stále tramvaje. Bohužel jejich koncepce přestávala vyhovovat narůstajícím provozním požadavkům. Zpomalovaly dopravu v ulicích, měly nízké zrychlení, také provozní rychlost byla malá, příliš dlouhou brzdou dráhu, byly hlučné, nepohodlné, nevytápěné a měli malou

přepravní kapacitu. Tyto nedostatky zde byli již před válkou, nyní nevytvořila studijní komise skládající se ze členů Pražského dopravního podniku a pracovníků výrobních závodů. Tato skupina podnikla cestu do USA, jejímž výsledkem bylo vytvoření nové tramvaje typu T, vzniklý ve spolupráci Tatry a ČKD.

Městská doprava v Brně se po válce aktivně zapojila do prací při odklizení trosek z ulic, v místech kde vedly koleje elektrické dráhy. Od 22. května se postupně obnovoval provoz na jednotlivých traťových úsecích a 28. října byl obnoven v celé síti. Provoz zajišťovali vozy, které byly sestaveny z použitelných částí vozového parku. Park motorových vozů byl již v roce 1946 doplněn šesti vozy z Královopolské strojírny jako plnění části objednávky ještě v roce 1942. V letech 1947- 48 bylo dodáno z této vagónky 16 kusů vlečných vozů. Od roku 1947 pokračovala výstavba nových tratí.

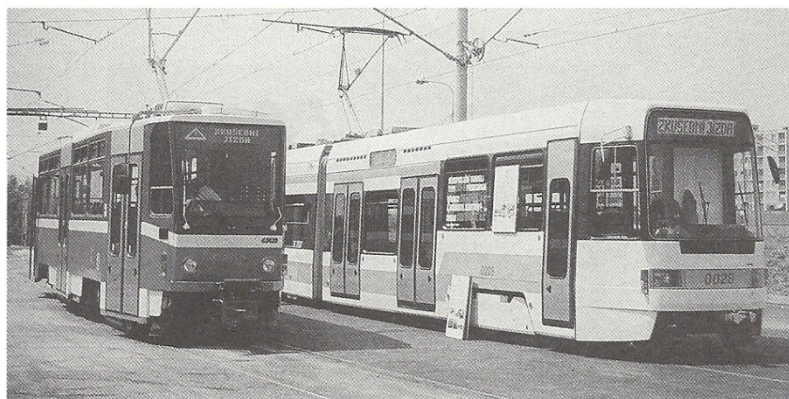
Správu nad Dopravním podnikem v Liberci převzal stát v květnu 1945. Od roku 1948, kdy se rozhodlo o výstavbě meziměstské trati mezi Libercem a Jabloncem, docházelo ke spolupráci mezi oběma podniky, které vyústila v roce 1949 k jejich sloučení.

Roky 1945- 52 znamenaly pro kolejovou dopravu v Mariánských lázních konečnou etapu před definitivním ukončením provozu.

V Ostravě se v průběhu let těsně po válce neudálo nic důležitého z hlediska organizace dopravy. Neexistovali žádné dohody mezi pěti provozovateli městské dopravy, které by řešily návaznost linek a spojů, vzájemnou pomoc při mimořádných událostech apod. Provozovatelé hospodařili samostatně, rozvojové záměry nebyly nijak koordinovány. K podstatným změnám došlo až v roce 1949. [1]

2.2.4 Vývoj městské hromadné dopravy v letech 1948- 1989

Pro období po roce 1948 je typickým rysem postupný odklon od tramvajové dopravy k méně závislé trakci. Do pozdější doby spadá zrušení tramvajové dopravy v Ústí nad Labem. Nejdříve tramvaje nahradily na dlouhou dobu autobusy a trolejbusy jakožto ekologické řešení se objevilo až v roce 1988. Konec této hromadné dopravy také přišel v Mostě v roce 1961, kdy se uvažovalo o likvidaci tohoto města ve prospěch těžby uhlí. Dále byly zrušeny tramvaje o rozchodu 1000 mm v Jablonci nad Nisou k 31. 1. 1965 a úzkorozchodné dráhy rozchodu 760 mm na Ostravsku k 1. 10. 1973.



Obrázek 2-5: Nejnovější tramvaj Tatry a nízkopodlažní vůz RT6 [1]

Rozvoj tramvajové dopravy ve městech, kde se zachovaly nebo byly opět zavedeny, navázal na předválečné tradice. V důsledku růstu měst byla budována sídliště a na jejich okrajích prodlužovány stávající tratě a rozšiřování a obnovování vozového parku.

V prvních poválečných letech byla dodána nová tramvajová vozidla, která navazovala na předchozí typy. Např. Praha dostala v roce 1947 třicet vlečných vozů se střední nástupní plošinou a v roce 1948 třicet jednosměrných motorových vozů s dálkovým ovládáním trojích dveří, tyto vozy byly poprvé vybaveny hydraulickou brzdou a nezávisle ovládanou kolejnicovou brzdou. Nové jednosměrné tramvajové vozy s dálkově ovládanými dveřmi s celokovovými svařovanými skříněmi získalo Brno roku 1950 z Královopolské strojní.

Pro tratě o rozchod 1000 mm byl vyvinut nový typ dvousměrného motorového vozu typu 6 MT, dodávaných v letech 1949- 1953 vagónkami Studénka a Česká Lípa s elektrickou výbavou z Elektrotechnických závodů Bratislava (dříve Siemens) a ze závodu Škoda- Plzeň.

Z vagonky Česká Lípa byly dodány na úzkorozchodnou trať o rozchodu 760 mm na Ostravsku a Karvinsku nové čtyři nápravové vozy, a to vlečné v letech 1950-1955 a nemotorové v roce 1954. Bohužel v šedesátých letech začaly být úzkokolejky považovány za neperspektivní a postupně byly nahrazovány autobusy.

Důležitým milníkem tramvajové dopravy bylo považováno dodání nových vozů třídy T1 do Prahy ze smíchovské továrny ČKD Tatra koncem roku 1951. Šlo o aplikaci americké koncepce čtyřosových jednosměrných vozů s otočnými podvozky typu PCC (President's Committee Car), vyznačující se konstrukční rychlostí 60 km/h, účinným systémem brzd, výkonnými trakčními motory a polosamočinným řazením jízdních a brzdových stupňů kontroléru. Tento typ vozů byl postupně zdokonalován, tyčové sběrače nahradily tzv. pantografy, zpočátku provozované jednotlivé motorové vozy byly později spřahovány do dvouvozových souprav a vznikly také kloubové článkové tramvaje včetně tříčlánkových obousměrných jednotek s dveřmi po obou stranách. Po typech T1 a T2, dodávaných do Prahy bylo od roku 1931 do roku 1980 vyrobeno celkem 13 609 kusů typu T3 a to především pro

vývoz. Jednalo se o nejpočetnější typ vozu ve světě. Následovaly dodávky dalších vozů typu T, v Praze šlo o tříčlankové obousměrné KT8D5 z let 1986-1990 a o vozy T6A5 vyráběných od roku 1995. [1]

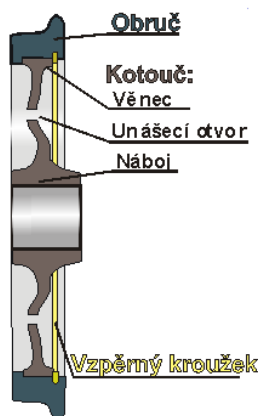
3. Kola a nápravy

Jedná se hlavní části podvozku jednotlivých kolejových vozů. Tyto části podvozku jsou nejvíce namáhány a podléhají rychleji opotřebení než jiné prvky. [2]

3.1 Kolová část nápravy

Kola jsou základními komponenty sestavy dvoukolí. Podle konstrukčního provedení je lze rozdělit do tří základních typů: celistvá neboli monobloková, obručová a pryží odpružená kola.

Obručová kola: používají především některé druhy lokomotiv, jejich hlavní výhodou je, že po opotřebení obruče až na drážku sjetí se obruč vymění. Na druhou stranu je tento druh kol dražší na výrobu a vyznačují se větší hmotností. Skládá se z věnce kola, ten je tvořen profilem kola, který usnadňuje lepší průjezd zatáčkou a okolkem, který zabraňuje vykolejení. Na čele věnce je drážka sjetí, ta označuje maximální opotřebení kola. Mezi věncem a nábojem je deska, která má tloušťku 15- 24mm.



Obrázek 3-1: Stavba kola [20]

Celistvá kola: deska kola se vyrábí ve dvou provedeních buď přímá, nebo prohnutá. Kola s přímou nebo lehce prohnutou deskou jsou nejčastěji u vozů kombinaci s brzdným kotoučem, který je k desce přišroubovaný. Prohýbaná deska je provedena většinou v kombinaci se špalíčkovou brzdou. Ta je buď jednostranná, nebo oboustranná. Prohnutá deska se používá u vozidel, u kterých se předpokládá intenzivní brzdění. Přičemž se věnc kola zahřívá na teplotu 500 °C a současně se náboj kola zahřívá pouze na 40 °C. To zapříčiňuje deformaci desky, to je eliminováno díky prohnutému profilu desky- tepelně optimalizované kolo.

Pryží odpružená kola: jde o kola speciálně vyvinutá pro tramvaje a metra., u kterých je vyžadováno snížení hlukových emisí vznikajících při jízdě vozidla. Tlumení hluku zajišťuje pryžový segment, který snižuje úhel náběhové obruče, čímž se sníží hluk cca o 2- 3 dB. Ke snížení valivého a klidového hluku vznikajících za jízdy přispívá i tlumič hluku, který je kolu připevněn. Tím dosáhneme ke snížení hluku o 1 5 dB. Pryžové segmenty mohou být

na kolech rozloženy ve dvou uspořádáních. Proto se rozdělují na hyper elastická kola, ty mají pryžové segmenty rozděleny tak, že tíha vozu zatěžuje pryžové segmenty především na střiž. Standardní pryžová kola, kde jsou pryžové segmenty zatěžována na tlak. Účinky tlumení zvyšují životnost vozu, jízdního profilu vozu atd. Hlavní nevýhodou je především vysoká cena, větší jízdní odpor a omezené využití špalíkové brzdy.



Obrázek 3-2: Náprava železničního vozu[21]

Výroba kol tvářením za tepla podle normy ČSN EN 13262, která definuje postup a požadavky na výrobu. Dříve bylo běžné, že kola byla odlévána, v dnešní době je podíl odlévaných kol podstatně menší a setkáváme s nimi například v Anglii, Polsku, Švédsku, Rakousku nebo USA.

Proces výroby začíná ohřevem špalků v karuselové peci až na kovací teplotu (1200 °C). Poté jsou takto zahřáté špalky vyjmuty a jejich povrch je mechanicky zbaven okují. V této fázi je zahřátý špalek připraven ke kování v kovacím lisu, kde se vytváří základní tvar kola. Dále je výkovek umístěn do válcovačky kol, kde je pomocí rotujících válců, zde je prvně vyválcován věnec kola a finální operací je prohýbání, které je prováděno v prohýbacím lisu. Po tepelném zpracování jsou kola obráběna, pro docílení předepsaných rozměrů a drsnosti je povrch kol broušen. [2]

3.2 Nápravy kolejových vozidel

Jde krom kol o nejvýrazněji namáhanou část vozu. Nesou veškerou hmotnost vozu, běžně se vyskytují nápravy s nápravovým zatížením až 30 tun. Za provozu kolejových vozidel dochází k vibracím, které způsobují proměnlivost zatížení. Na nápravy nepůsobí jen síly od hmotnosti vozu, ale působí na ně i síly od hmotností komponent, které dvojkolí obsahuje, a silami vzniklých při brzdění. Pokud je náprava určena pro hnací vozy, tak obsahuje jedno či dvě ozubená kola, přes které je přenášen krouticí moment. Dále je náprava výrazně namáhána

ohybem za rotace, a proto musí být navržena náprava vždy posuzována k meznímu stavu únavového poškození. Pokud by došlo při návrhu k chybě, popřípadě k chybě v následné výrobě mohlo by to mít nedozírné následky.

Náprava má obvykle válcovitý tvar a jednotlivé součásti jsou odstupňovány v závislosti na jejich namáhání a funkci. Na válcové části čepu jsou nasazena nápravová ložiska, aby nevnikaly do ložisek nečistoty, jsou tyto ložiska opatřeny ložiskovými těsníci kroužky, které jsou umístěny na sedle vedle čepu. Těsnící kroužky mají o 30 mm většími než čep.

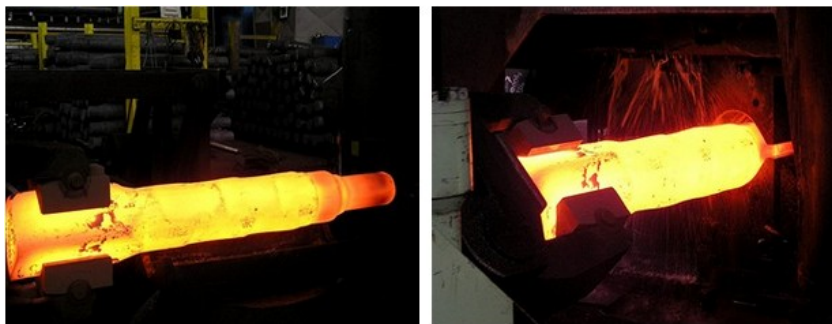
Další funkční částí nápravy je sedlo kola, které je třeba vypočítat přesah pro následné nalisování kol, nejčastěji má jmenovitý průměr sedla toleranční pole u6 a v6. Toto nalisování se provádí jak za tepla, tak i za studena, i když je v poslední době možno častěji vidět lisování za studena.

Pokud je náprava určena k montáži na hnací vůz, tak obsahuje sedlo s největším průměrem pro ozubené kolo, jehož prostřednictvím je přenášen krouticí moment z předovky na dvojkolí. Díle je na nápravě mezi sedly dřík. Pro zabránění axiálního posunutí tlakového ložiska v jednom směru je jeho sedlo rozšířeno o osazení.

Na čelech nápravy mohou být tři nebo čtyři díry pro šrouby a středící důlky, ty se však vyskytují jen u nevrtaných náprav. Vrtání náprav se provádí ze dvou důvodů: pro lehčí detekci únavových trhlin a snížení hmotnosti nápravy. [2]

3.2.1 Výroba náprav

Jako polotovary je volen předvalek čtvercového průřezu o hraně 150 nebo 300 mm. K výrobě náprav vozů i trakčních vozidel se volí ocel 12032, ve zvláštních případech jako jsou hnací nápravy motorových nebo elektrických vozů je možné použít ocel 14240, 15230, 15260 a výjimečně 16423. Výrobní proces je zahájen ohřevem na 1250 °C, po vyjmutí z pece jsou mechanicky odstraněny okuje. Dále následuje kování, kde je nejdříve vykován přibližně válcový tvar, pak následuje kování sedel, čepů a dříků. Pro dosažení lepších mechanických vlastností jsou výkovky tepelně zpracovány normalizačním žíháním, kalením popřípadě popouštěním.



Obrázek 3-3: Kování nápravy [21]

Jako další krok následuje obrábění, kde jsou vytvořeny provizorní středící důlky, pak následuje hrubování, zhotovení čel, děr se závity a opracování na čisto. Nakonec jsou nápravy broušeny, popřípadě v některých případech i válečkovány, nebo je na povrch nanесena cca 0,3 mm silná vrstva molybdenu, aby byla zajištěna vyšší odolnost materiálu proti vzniku vad v podobě únavových trhlin. [2]

3.2.2 Výroba dutých náprav

Jednou z možností výroby duté nápravy je zhotovení plné nápravy a vyvrtání vnitřního jádra v ose nápravy. Jde o nenáročný způsob zhotovení, ale na úkor úspory materiálu.

Také je možná přímá výroba z tlustostěnných trubek příčným válcováním a následným zápustkovým kováním. Tento způsob je velmi drahý a vyžaduje jakostní výchozí materiál s minimálními rozměrovými odchylkami a s bezvadným povrchem.

Může se také vytvořit odporovým přivařením plného čepu a sedla k dřívku z tlustostěnné trubky. Kromě vysokých nákladů za tlustostěnné trubky se zde vyskytuje choulostivý problém jakosti a spolehlivosti svaru.

Ještě v Československé republice si nechal Ing. Hoferek patentovat způsob výroby vnitřním tlakem vody. Tuto metodu odzkoušely Železárny a drátovny Bohumín. Výchozím materiálem pro nápravy byla kruhová ocel o průměru 130 mm. Po opakovaných ohřevech na 1150 °C se napěchoval sedla a nákrůžky, pak následovalo vrtání otvoru o průměru 55 mm v ose nápravy. Po novém ohřevu se výkovek vložil do dvoudílné zápustky svírané radiálně v lisu silou až 35 MN. K čelům výkovku byly přitlačovány silou asi 1,2 NM tlačné hlavy, kterými se zároveň přiváděla dovnitř dutého výkovku voda o maximálním tlaku 1300- 1600 bar, která nápravě udělila konečný tvar. Po normalizačním vyžhání byly nápravy vyrovnány, pískovány a mechanicky opracovány. Způsob výroby umožňuje- a metalografické zkoušky to potvrzují- zajistit rovnoměrný průběh vláken, sledující vnější i vnitřní obrysy nápravy bez přeložení.

U dutých náprav je důležitým bodem otázka pevnosti. Snížení hmotnosti je výhodné, pokud nedojde zároveň k výraznému snížení bezpečnosti na únavu. S ohledem na složitost výroby a vyšší cenu se pak užití dutých náprav uplatní především u náprav silnějších. Vnější průměr sedla náboje musí být větší než 200 mm. Z toho plyne, že se uplatní hlavně u náprav železničních lokomotiv. [3], [4]

3.2.3 Nápravy tramvají

Nápravy, které se uplatňují u podvozků tramvajových vozů, jsou vždy hnacími nápravami. Počet náprav se liší podle typu náprav. Např. tramvaj T3, která je asi nejrozšířenějším typem ve městech nejen v našich městech ale i v některých cizích zemích, převážně ve Východní Evropě, obsahuje čtyři nápravy zasazené do dvou podvozků.

Dále se mohou tramvaje konstruovat jako kloubové vozy, takovým případem je třeba tramvaj K2. Tento typ je provozován na třech šestinápravových podvozcích. Jinou alternativou je osminápravová tramvaj K3R-N.

Většina tramvají jsou konstruovány s rozchodem kol 1450 mm nebo rozchod 1000 mm. Je třeba zmínit, že jsem zde zmínil jen několik nejznámějších typů tramvají jezdících po městech v České republice. Samozřejmě existuje velké množství typů tramvají, které se mohou lišit v různých aspektech výbavy a konstrukce.[3], [4], [5]

4. Technický návrh hydraulického pohonu

Elektromotor pohání hydrogenerátor, který je zdrojem hlavního tlaku. Hydrogenerátor je chráněn pojistným ventilem a zpětným ventilem. Pro nastavení velikosti pracovního tlaku do válců slouží redukční ventil. Pohyb válců je řízen rozvaděčem DN6 přes škrťací ventil a sedlovými ventily. Jednotlivé strany lisu lze odstavit kulovými ventily a jsou chráněny pojistnými ventily. Tlak ve válcích je možno sledovat snímačem tlaku nebo na manometru. Obvod je doplněn o akumulátor, který vyrovnává tlak v obvodu.

Propojení s hydraulickými válci lisu nákolku je provedeno ocelovými bezešvými trubkami.

4.1 Zadané hodnoty

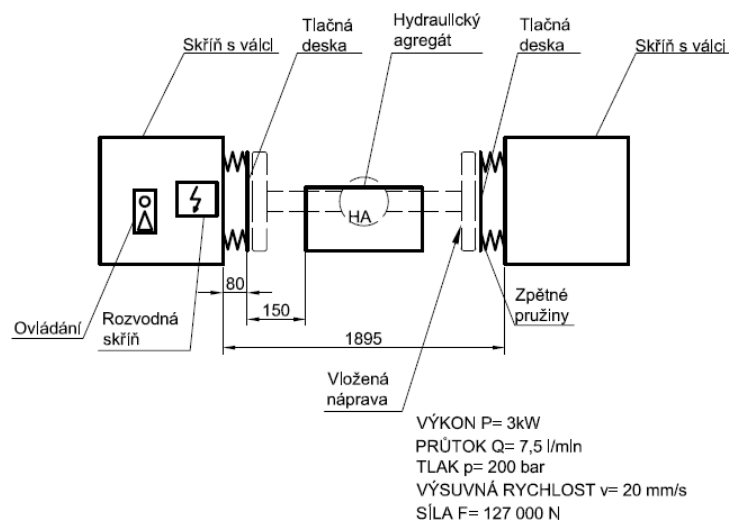
Pracovní tlak $p = 200 \text{ bar}$

Pracovní síla $F = 127000 \text{ N}$

Výsuvná rychlost $v_1 = 0,019 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Zdvih $h = 150 \text{ mm}$

4.2 Dispozice zařízení



Obrázek 4-1: Dispozice zařízení

4.3 Návrh systému

4.3.1 Hydraulický válec

Z obecného vzorce pro výpočet tlaku odvodím vzorec pro průměr pístu. S tímto průměrem budu schopen určit nejvhodnější hydraulický válec.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot D^2} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{p \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 127000}{20 \cdot 10^6 \cdot \pi}} = 0,089 \div 0,09 = 90 \text{ mm}$$

Podle průměru pístu D= 90 mm volím z katalogu firmy Hydrauli CS hydraulický válec typu: **ZH1 90/50x150**. Z katalogu dále volím průměr pístnice d= 50 mm, délku zdvihu h= 150. [6]

4.3.1.1 Namáhání pístnice na vzpěr

Namáhání na vzpěr vypočítám z empirického vztahu. [6]

$$F_{vz} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{k \cdot s_k^2} = \frac{\pi^3 \cdot E \cdot d^4}{64 \cdot k \cdot s_k^2} = \frac{\pi^3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 50^4}{64 \cdot 3,5 \cdot 400^2} = 1135,5 \text{ kN}$$

4.3.2 Návrh pohonného systému

Podle maximálního pracovního tlaku volím jako nejvhodnějším řešením systém od firmy Hydr-app. Typ: **FPAC-2TB- *AAC -*BA-PB48-S410H- MP301-H12-RA-CMP04C 3001-CRU0400001**. [7]

Maximální tlak $p_{\max} = 21 \text{ MPa}$

Geometrický objem $V_G = 5,5 \text{ cm}^3$

Objemový průtok $Q_G = 7,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$

Maximální otáčky $n = 1440 \text{ min}^{-1}$

4.3.2.1 Výpočet potřebného geometrického průtoku.

Využívám pro tento účel rovnici kontinuity. [16]

$$Q_G = S \cdot v = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot v_1}{4} = \frac{\pi \cdot 0,09^2 \cdot 0,019}{4} = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 7,26 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$$

Přepočet rychlosti vysouvání pro tabulkovou hodnotu geometrického průtoku Q_G .

$$Q_G = S \cdot v \Rightarrow v_1 = \frac{4 \cdot Q_G}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 7,5}{\pi \cdot 0,09^2 \cdot 60000} = 0,02 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 20 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q_G = S \cdot v \Rightarrow v_2 = \frac{4 \cdot Q_G}{\pi \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{4 \cdot 7,5}{\pi \cdot (0,09^2 - 0,05^2) \cdot 60000} = 0,03 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

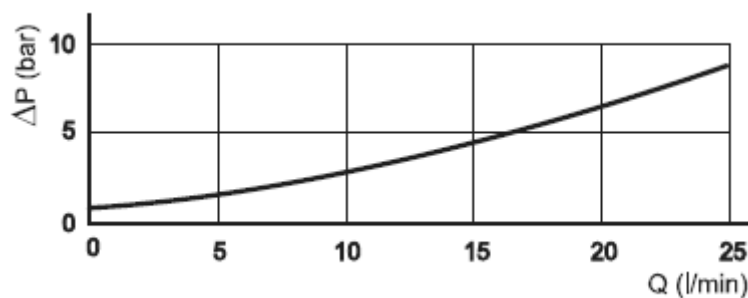
$$= 30 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$$

4.3.2.2 Návrh zpětného ventilu

Pro navrhovaný systém volím zpětný ventil, který je do tohoto systému zabudovaný Hydr-app typ: **CRU0400001**. [7]

Maximální provozní tlak $p_{\max} = 35 \text{ MPa}$

Maximální průtok $Q_{\max} = 25 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$



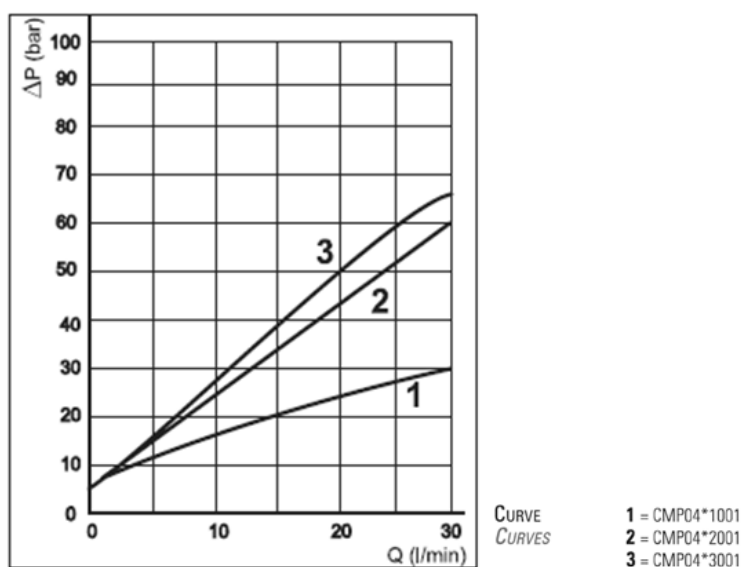
Obrázek 4-2: Δp - Q charakteristika zpětného ventilu [7]

4.3.2.3 Návrh pojistného ventilu

Pro navrhovaný systém volím zpětný ventil, který je do tohoto systému zabudovaný Hydr-app typ: **CMP04C 3001**. [7]

Maximální provozní tlak $p_{\max} = 33 \text{ MPa}$

Maximální průtok $Q_{\max} = 30 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$



Obrázek 4-3: Δp - Q charakteristika pojistného ventilu [7]

4.3.2.4 Návrh elektromotoru

Pro zvolený hydrogenerátor volím jako pohonnou jednotku elektromotor od firmy Hydr-app typ: **MP402**. [7]

Výkon $P = 3 \text{ kW}$

Napětí $U = 230/400 \text{ V}$

Frekvence $f = 50 \text{ Hz}$

Otáčky motoru $n = 1440/\text{min}$

4.3.2.5 Volba nádrže

Ze součtu všech objemů prvků, které je třeba plnit pracovní kapalinou určím objem nádrže. [7]

$$V_N = V_A + 4 \cdot V_V = V_A + 4 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h = 2,8 + \pi \cdot 0,09^2 \cdot 0,15 \cdot 1000 = 6,62 \text{ l}$$

S ohledem na případné zklidnění kapaliny v nádrži volím nádrž objemu 10 litrů od firmy Hydr-app typ: **S410H**

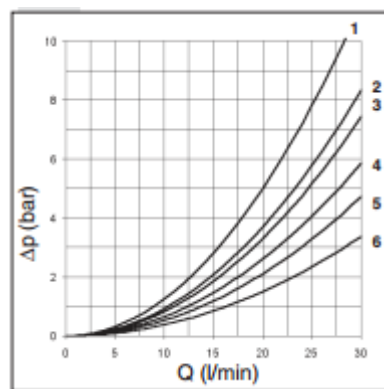
4.3.3 Návrh rozvaděče

Pro navrhovaný hydraulický systém volím rozvaděč Brenvini fluid power typ: **ADC.3CL02**. [8]

Jmenovitý rozměr DN 6

Maximální provozní tlak $p_{\max} = 25 \text{ MPa}$

Maximální průtok $Q_{\max} = 30 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$



Obrázek 4-4: Δp - Q charakteristika rozvaděče [8]

4.3.4 Návrh škrtícího ventilu

Do hydraulického systému volím škrtící ventil od firmy **Agro Hytos 2VS3-06-C-S**. [9]

Jmenovitý rozměr DN 6

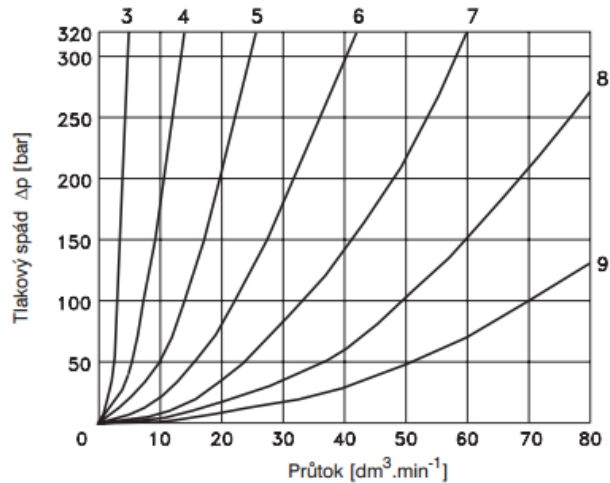
Maximální provozní tlak $p_{\max} = 32 \text{ MPa}$

Maximální průtok $Q_{\max} = 80 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$

Škrtící ventil

Závislost tlakového spádu Δp na průtoku z A1 do A2, (z B1 do B2)

- Nastavení ventilu v otáčkách ručičky (od dorazové polohy)



Obrázek 4-5: Δp - Q charakteristika škrtícího ventilu [9]

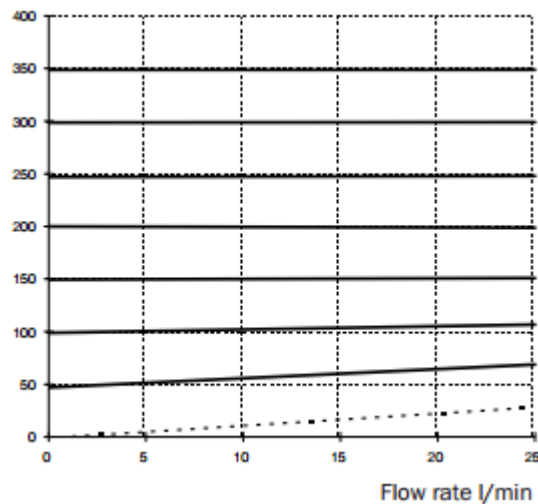
4.3.5 Návrh pojistného ventilu

Pro potřeby navrhovaného hydraulického systému volím přímo řízený pojistný ventil od firmy Bieri hydac international typ: **DV700-6-P-700-P-00**. [10]

Jmenovitý rozměr DN 6

Maximální provozní tlak $p_{\max} = 70 \text{ MPa}$

Maximální průtok $Q_{\max} = 25 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$



Obrázek 4-6: Δp - Q charakteristika pojistného ventilu [10]

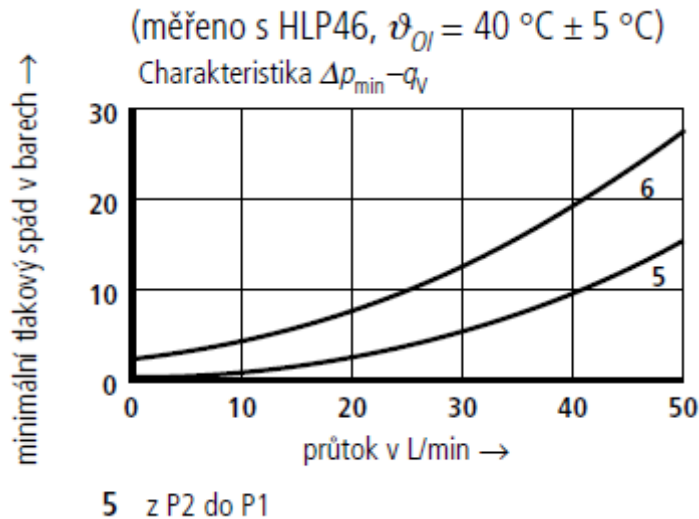
4.3.6 Návrh redukčního ventilu

Redukční ventil je umístěn na stavěcí kostce před proporcionálním rozvaděčem. Volím redukční ventil od firmy Bosch Rexroth typ: **ZDR 6 DP2-4X/210YM**. [11]

Jmenovitá velikost NG 6

Maximální provozní tlak $p_{\max} = 21 \text{ MPa}$

Maximální průtok $Q_{\max} = 50 \text{ l.min}^{-1}$



Obrázek 4-7: Δp - Q charakteristika redukčního ventilu [11]

4.3.7 Návrh kulového ventilu

Volím podle tlakové řady 21 MPa. Od firmy Pister Kugelhähne Typ: **BKH G1/2 13**. [12]

Jmenovitý rozměr DN 13

Maximální pracovní tlak $p_{\max} = 50 \text{ MPa}$

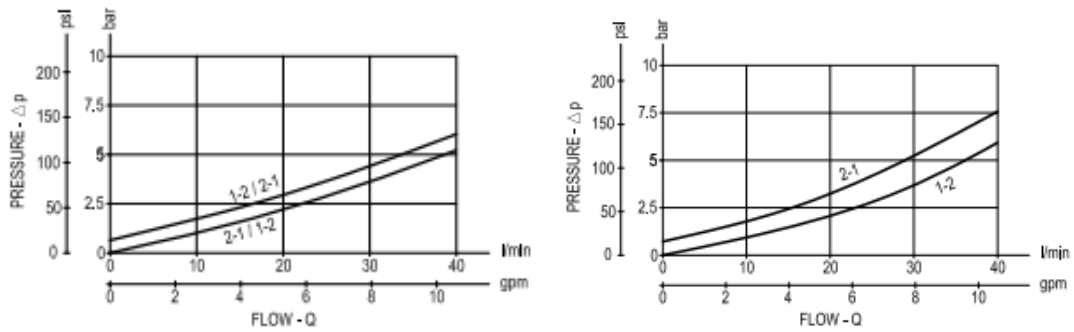
4.3.8 Návrh sedlových ventilů

Volím dvoucestné bezpečnostní ventily, jeden s obousměrným uzavřením v poloze a. Bosch Rexroth typ: **OD.15 05 18 3A S0**. Druhý s uzavřením zpět do systému v poloze a. Bosch Rexroth typ: **OD.15 32 18 1A S0**. [13], [14]

Jmenovitá velikost NG 6

Maximální provozní tlak $p_{\max} = 35 \text{ MPa}$

Maximální průtok $Q_{\max} = 40 \text{ l.min}^{-1}$



Obrázek 4-8: Δp - Q charakteristika sedlových ventilů [13], [14]

4.3.9 Návrh akumulátoru

Je zapotřebí navrhnout akumulátor, pro udržení pracovního tlaku v systému při jeho poklesu. Popřípadě jako ochrana před tlakovými rázy. Které by mohly nastat uzavřením uzavíracích ventilů, zapojených na tlakovém vedení směřující k hydraulickým válcům. Od firmy **Olaer Typ: ELM0,75-210/00**. Pro výpočet volím užitečný a celkový objem podle tabulky 7.6 strana 298- 299 z [17]. [15], [17]

$$V_u = 0,78 \text{ l}$$

$$V_c = 2,8 \text{ l}$$

$$P_2 = 21 \text{ MPa}$$

$$\frac{p_2}{p_0} = \frac{8}{1} \Rightarrow p_0 = \frac{p_2}{8} = \frac{21}{8} = 2,625 \text{ MPa}$$

$$p_0 \cdot V_c^n = p_2 \cdot V_2^n$$

$$p_0^{\frac{1}{n}} \cdot V_c = p_2^{\frac{1}{n}} \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{p_0^{\frac{1}{n}}}{p_2^{\frac{1}{n}}} \cdot V_c = \frac{2,625^{\frac{1}{1,3}}}{21^{\frac{1}{1,3}}} \cdot 2,8 = 0,57 \text{ l}$$

$$V_1 = V_u + V_2 = 0,78 + 0,57 = 1,35 \text{ l}$$

$$V_c = V_z + V_1 \Rightarrow V_z = V_c - V_1 = 2,8 - 1,35 = 1,45 \text{ l}$$

$$p_0 \cdot V_c^n = p_1 \cdot V_1^n \Rightarrow p_1 = \frac{p_0 \cdot V_c^n}{V_1^n} = \frac{2,625 \cdot 2,8^{1,3}}{1,35^{1,3}} = 6,77 \text{ MPa}$$

4.3.10 Návrh oleje

4.3.10.1 Specifikace hydraulické kapaliny

Olej třídy HLP dle normy DIN 51 524 část 2: Tento typ kapalin se především využívá pro hydraulické pohony. Pokud budou dodrženy všechny rozsahy viskozity, pak jsou vhodné pro všechny části hydraulického obvodu.

Ve směrnících pro klasifikační označení tříd pro viskozitu oleje VG10, VG15 a VG22 nestanovuje norma DIN 51 524 část 2 žádné speciální požadavky na realizaci ochrany proti opotřebení součástí.

Oleje těchto viskózních tříd jsou proto přípustné jen v případě, že při testu FZG dle normy DIN 51 524 část 2, byly označeny stupněm odolnosti proti opotřebení 10.

Hydraulické kapaliny, které obsahují olovo a jsou agresivní vůči olovu popř. materiálu ložisek, nesmějí být v hydraulických obvodech použity i když odpovídají specifikaci olejů řady HLP dle normy DIN 51 524 část 2. Jedná se především o více účelové oleje a částečně oleje řady HLP-D.

Na základě prostudování příslušných tabulek, lze konstatovat, že existují oleje, které splňují v daleko větší míře požadavky, co se týče ochrany proti mechanickému opotřebení tření, snášenlivostí s barevnými kovy a zatížení vlivem teploty.

Proces stárnutí snižuje životnost kapaliny. Již málo množství emulzního kalu, obsažené v pracovní kapalině, může negativně ovlivnit průběh usazení nečistot. Dokonalou filtrací zamezíme poruchám na zařízení. V případě nutnosti kontaktuje výrobce pracovní kapaliny.

Při výběru dodavatelů hydraulických kapalin berte na vědomí, že by dodavatel měl nabízet s dodávkou kapaliny také potřebnou kontrolu stavu znečištění opotřebovaných olejů, stáří a rezervy v obsahu různých aditiv. [18]

4.3.10.2 Volba olej

Volíme hydraulický olej firmy **Ekolube HM 46** viskózní třídy VG46.

Specifikace: **ISO VG 46, CETOP RP 91H-HM, DIN 51 524/II – HLP, ISO 6743, ISO-L-HM**

Doporučuji doplňovat a pravidelně vyměňovat hydraulický olej minimálně jednou ročně. [19]

5. Ztráty v hydraulickém obvodu

V této části uvádím příklad výpočtu tlakových ztrát pro tlakovou větev 1 z 5. Ostatní výpočty jsem zpracoval do formy tabulky tlakových ztrát a zařadil mezi přílohy.

5.1 Návrh světlosti tlakového a zpětného vedení

Volím požadovanou rychlost průtoku ve vedení:

$$\text{Úsek 1-4} \longrightarrow v_p = 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Úsek 5} \longrightarrow v_p = 1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q_G = S_{p1-4} \cdot v_{p1-4} \Rightarrow d_{p1-4} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_G}{\pi \cdot v_{p1-4}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,25 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 4}} = 0,0063 \text{ m}$$

$$d_{p1-4} = 6,3 \text{ mm}$$

Volím $d_{p1-4} = 8 \text{ mm}$

$$Q_G = S_{p5} \cdot v_{p5} \Rightarrow d_{p5} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_G}{\pi \cdot v_{p5}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,25 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 1,5}} = 0,0103 \text{ m}$$

$$d_{p4} = 10,3 \text{ mm}$$

Volím $d_{p5} = 12 \text{ mm}$

5.2 Průměr tlakového vedení

$$S_{p1} = \frac{\pi \cdot d_{p1-4}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,008^2}{4} = 0,0000503 \text{ m}^2$$

5.3 Reynoldsovo číslo

$$\text{Re} = \frac{v_{p1-4} \cdot d_{p1-4}}{\nu} = \frac{4 \cdot 0,008}{0,00019} = 168,42$$

5.4 Součinitel tření

Pro výpočet součinitele tření jsem použil vzorec pro neizotermické proudění.

$$\lambda = \frac{75}{\text{Re}} = \frac{75}{168,42} = 0,4453$$

5.5 Hydraulický odpor vedení

$$R = \lambda \cdot \frac{l}{d_{p1-4}} \cdot \frac{\rho}{2 \cdot S_{p1}} = 0,4318 \cdot \frac{1}{0,008} \cdot \frac{880}{2 \cdot 0,0000503} = 4,87 \cdot 10^9 \text{ Nm}^{-8} \text{ s}^2$$

5.6 Průtok v tlakovém vedení

$$Q_{p1} = S_{p1} \cdot v_{p1-4} = 0,0000503 \cdot 4 = 0,000201 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$$

5.7 Tlakový spád v tlakovém potrubí

$$\Delta p_{zp1} = R_p \cdot Q_p^2 = 4,87 \cdot 10^9 \cdot 0,000201^2 = 19,7 \text{ Pa}$$

5.8 Tlakový spád v celém úseku

$$\Delta p_{z1} = \Delta p_{zp1} + p_v + p_o = 19,7 + 250000 + 1795,2 = 251814,9 = 251814,9 \text{ Pa}$$

5.9 Celkový tlakový spád

$$\Delta p_z = \Delta p_{zp1} + \Delta p_{zp2} + \Delta p_{zp3} + \Delta p_{zp4} + \Delta p_{zp5} = 251814,9 + 121118,6489 + 401128,4978 + 102227,4489 + 842,68 = 877132,18 \text{ Pa} = 0,88 \text{ MPa}$$

6. Pokyny pro montáž, údržbu, uvedení do provozu a bezpečnost práce

6.1 Montáž potrubí

Nedílnou součástí je montáž spojovacího potrubí, jde o tuhé (ocelové) nebo o pružné (hadice). Tuhé potrubí je zapotřebí ohýbat. Ocelové potrubí je ohýbáno za studena v přípravku nebo na ohýbačce. Při montáži napájeného šroubení nesmí dojít k poškození zkoseného konce trubky, který je zasouván do prstence. Při svařování trubek či přivařování je zapotřebí trubky důkladně očistit od okují a vyčistit je, např. takto:

Moření v kyselině solné nebo fosforečné

Neutralizovat roztokem sody

Důkladný proplach vodou

Osušit a profouknout stlačeným vzduchem

Zaslepit snímatelnou koncovkou

Nesvařované trubky stačí důkladně odmastit, propláchnout vodou a profouknout. Těsně před montáží je třeba trubky znovu profouknout stlačeným vzduchem.

Veškeré šroubové spoje je třeba řádně dotažen. Při montáži je však potřeba dohlédnout na to, aby ve smontovaném potrubí nebyla zbytečně vysoká napětí v krutu, v ohybu apod., která by zapříčinila zvýšené namáhání v důsledku provozu. Z toho důvodu také používáme při utahování, či povolování dvou klíčů, jednoho na hrdlo a jednoho na matici.

Aby se předešlo chvění trubek, které by mohlo zapříčinit uvolnění šroubů nebo dokonce prasknutí trubek, upevňují se na konstrukci stroje nebo panelu úchytkami, které se umísťují ve vzdálenosti asi 50 až 60 vnějších průměrů, při mobilních zařízeních i hustěji. [18]

6.2 Montáž prvků

Pokud při montáži zařízení narazíme na některý prvek poprvé, je potřeba se důkladně seznámit s veškerou dostupnou literaturou výrobce, jako např. technické podmínky, montážní předpisy, pokyny pro obsluhu a údržbu atd. V těchto dokumentech se můžeme dovědět jakým způsobem a v jaké poloze smí být prvek montován, doporučené teploty pracovní kapaliny a okolního prostředí, nejvhodnější druh pracovní kapaliny apod.

Plocha, na kterou hydraulický prvek dosedá, nesmí nikdy zapříčinit jeho deformaci, tím by mohla narušit jeho funkci. Prvky je zapotřebí rozmístit tak, aby byl k nim snadný přístup nebo musí být snadno viditelný pro možnou kontrolu, seřízení, údržbu popřípadě výměny. Především to platí pro průtokové a magnetické čističe, teploměry, manometry, nalévací a

Pokyny pro montáž, údržbu, uvedení do provozu a bezpečnost práce vypouštěcí hrdla, seřizovací prvky apod. Ochranné kryty na hrdlech hydraulických prvků odjímáme až těsně před montáží a to jak do potrubí nebo do kostky. Po usazení a upevnění, než je obvod naplněn pracovní kapalinou, je nutné pečlivě vyčisti nádrž, čistič a sací potrubí. [18]

6.2.1 Hydrogenerátor

Proplach:

- v případě dlouhodobého skladování je třeba čerpadla vyčistit za použití rozpouštědla a dodatečně nakonzervovat. A to z důvodu vzniku pryskyřičného filmu.

Montáž:

- při montáži nepoužívejte nepatřičnou sílu
- před montáží hydraulického pohonu je třeba zkontrolovat rovinnost základny

Potrubní rozvody a připojení pracovní plochy:

- sací větve:
 - sací větev je třeba konstruovat a realizovat podle pokynů výrobce
 - hodnoty sacího podtlaku a napájecího tlaku nastavte na výrobce určenou hranici, dbejte na případné vbudované filtry, ventily a kohoutky
 - zkontrolovat těsnost sací větve
 - nejvyšší přípustná rychlost v sací větvi by neměla překročit $0,5 \text{ m s}^{-1}$
 - konce trubek je třeba zařezávat pod úhlem 45° a měly by být umístěny nejméně 2,5 násobku průměru trubky ode dna, aby nedošlo k nasávání nečistot ze dna
- vedení průsaků:
 - pro udržení protikladu v tělesech v přípustné míře je třeba používat potrubí s velkou jmenovitou světlostí
 - je třeba potrubí namontovat tak, aby skříň čerpadla byla dostatečně zaplněna pracovní kapalinou, ale zároveň nedošlo ke vzniku tzv. sifónového efektu
 - do nádrže je nutné přivést beztlaký přívod
 - pracovní kapalina se na stěnách nádrže dostatečně ochlazuje a zároveň docílí klidné hladiny
 - je zapotřebí dohlédnout na dostatečně dlouhé intervaly spínání teplot pracovní kapaliny
- pokyny pro montáž potrubí:

Pokyny pro montáž, údržbu, uvedení do provozu a bezpečnost práce

- všechna odpadní potrubí průsaků je třeba ponořit do pracovní kapaliny v nádrži, přičemž nejnižší přípustná hladina je 2,5 násobek vnějšího průměru trubky, minimálně však 100 mm (je nutné zabránit zpěnění kapaliny)
- konec trubky odpadního potrubí průsaků musí být v nádrži umístěny nad vedením sání, tím zabráníme okamžitému nasátí průsaků z odpadního vedení zpět do hydraulického obvodu
- tomu se zamezí také vzdáleností mezi trubkami sání, odpadu a průsaků, která je minimálně 200 mm
- pro tato vedení se používají bezešvé, přesně tažené trubky s rozebíratelným spojem podle normy DIN 2391

Uvádění do provozu:

- kontrola směru otáčení vstupních a výstupních hřídelí:
 - orientaci směru otáčení vyznačuje šipka na čerpadle
 - nejdříve se naplní pracovní část čerpadla, poté následuje krátkodobé zpuštění čerpadla, následuje opětovné zastavení, tím zabráníme možnému poškození, pokud by čerpadlo pracovalo ve špatném směru
- uvedení do chodu:
 - je nutné otevřít všechny ventily, především v sacích větvích
 - na krátko zapnout elektromotor a zase ho vypnout a provedeme odvzdušnění čerpadla, až při bezproblémovém a tichém chodu čerpadla lze čerpadlo zatížit
 - při prvním zpuštění je doporučeno odvzdušnit tlakovou větev a tím naplníme celý objem čerpadla
 - při prvním zpuštění čerpadla nesmí klesnout hladina pracovní kapaliny v nádrži pod vyznačené minimální množství
- Omezení tlaku/ regulace tlaku:
 - při zavádění do provozu nastavíme na pojistných ventilech nejnižší možný tlak
 - tento tlak postupně navyšujeme, až dosáhneme požadovaného pracovního tlaku
 - po nastavení tlaku zajistíme stavěcí prvek, aby nedošlo k nežádoucí manipulaci
- Teplota pracovní kapaliny:
 - teplotu kapaliny měříme při normálních pracovních podmínkách

Pravidelná údržba:

- četnost:
 - intervaly pravidelné údržby se určují podle provozních podmínek
- uchycení:

Pokyny pro montáž, údržbu, uvedení do provozu a bezpečnost práce

- kontrolu stavu uchycení pohonných jednotek, hydraulických válců a jiných převodníků energie provádíme při zatížení zařízení normálním pracovním tlaku a normální teplotě pracovní kapaliny
- filtrace:
 - provedeme kontrolu signalizace zanesení filtrů a prověřit stav sacích filtrů
- údržba:
 - je doporučeno provádět pravidelné údržby pověřenými osobami výrobce. [18]

6.2.2 Hydraulický válec

Montáž:

- před samotným začleněním hydraulických válců do systému je třeba zkontrolovat, jestli označení typu válců na štítku odpovídá údajům v sjednávacím listě
- montážní poloha:
 - jakákoliv je potřeba

Uvádění do provozu:

- pracovní kapalina:
 - je třeba dát pozor, aby parametry tlakové kapaliny souhlasili s parametry v katalogovém listu
 - dbát na to aby byl dodržen předepsaný pracovní tlak v systému a teplota kapaliny za provozu
 - ověřit zda kapalina v hydraulickém obvodu splňuje podmínky pro dané hydraulické válce
 - není doporučeno, aby při provozu byla překročena maximální povolená teplota pracovní kapaliny, která je doporučena výrobcem
 - z toho důvodu je doporučeno, aby se pracovní teplota kapaliny udržela konstantní ($\pm 5^{\circ}\text{C}$)
- filtrace:
 - díky dokonalé filtraci se zajistí zvýšení životnosti hydraulických válců
 - nesmíme překročit předepsané parametry pro tlakový spád na filtrační vložce
 - nejvhodnější volbou jsou filtry se signalizačními značkami
 - při výměně filtru či filtrační vložky si musíme dát extrémní pozor na čistotu
 - nečistoty, které se dostanou na výstupní stranu filtru, mohou zapříčinit dále v systému vážné poruchy
 - nečistoty, které se objeví ve vstupní větvi filtru, zkracují životnost filtrační vložky

Pokyny pro montáž, údržbu, uvedení do provozu a bezpečnost práce

- odvzdušnění:
 - když je hydraulický válec nečinný tak uvolníme na straně pístu i pístnice odvzdušňovací šrouby
 - počkáme, až se všech vzduch dostane ven, pokud z odvzdušňovacích šroubů vytéká již čistý olej bez bublinek tak šrouby zašroubujeme a utáhneme

Údržba:

- všeobecně v za to co se hydraulických válců týče, tak není třeba provádět údržbu
- údržba je však nutno provádět na jednotlivých částech hydraulických válců, jako např. kyvná či kloubová ložiska, nebo čepy v objímce pro uchycení hydraulických válců.
- důležitá je kontrola těsnosti v hydraulických válcích, která je prováděna v krátkých intervalech.
- pokud je na hydraulických válcích naměřena zvýšená hodnota vnitřních a vnějších průsaků, je doporučeno zaslat tyto válce k výrobci na repass. [18]

6.2.3 Ventily

Montáž:

- před samotnou montáží do obvodu je třeba se ujistit, zda označení typu na štítku souhlasí s údaji na objednávce
- požadavky na čistotu:
 - je třeba dbát při montáži na čistotu prvku i okolí
 - nádrž by měla být dobře chráněna před vnikání nečistot zvenčí
- při montáži ventilů je třeba dát pozor na to, aby montážní plocha ventilu a připojovací deska byly suché a odmaštěná
- pokud se nebude moci tato podmínka dát splnit je třeba aby upevňovací šrouby byly utahovány manuálně a ne strojově, při větším množství šroubů než 4 je třeba nejdříve utáhnout středové šrouby
- splněním těchto opatření získáme jistotu, že těsnící kroužky na připojovací ploše ventilu budou dokonale těsnit

Montážní poloha:

- u ventilů je poloha libovolná, jen rozvaděčů je doporučeno montovat prvky vodorovně
- u ventilů speciální konstrukce např. se šoupátkem, nestředěným pružinami; nebo s magnety, umístěnými na ventilu směrem dolů může jiná poloha než vodorovná zapříčinit špatnou funkci těchto prvků

Pokyny pro montáž, údržbu, uvedení do provozu a bezpečnost práce

Uvádění do provozu:

- Filtrace:
 - díky dokonalé filtraci se zajistí zvýšení životnosti zmíněných ventilů
 - je třeba řídit se doporučeními v katalogovém listu a maximálního přípustného znečištění pracovní kapaliny dle NAS 1638
 - nesmíme překročit předepsané parametry pro tlakový spád na filtrační vložce
 - při výměně filtru či filtrační vložky si musíme dát extrémní pozor na čistotu
 - nečistoty, které se dostanou na výstupní stranu filtru, mohou zapříčinit dále v systému vážné poruchy
- odvzdušňování ventilů:
 - tyto průmyslové ventily není třeba odvzdušňovat

Údržba:

- v zásadě není třeba na těchto ventilech provádět údržbu, jediné je třeba vyměnit těsnění použita v prvcích, jelikož podléhají opotřebení. [18]

6.3 Bezpečnost práce

- Obsluha musí mít manuál neustále k dispozici a je nutno kontrolovat, zda veškerá údržba je prováděna řádným způsobem a ve stanovených lhůtách. Doporučuje se zapisovat provozní údaje, provedenou údržbu, atd., a vést životopis systému. Jakmile byla dokončena, kupující musí, zda veškeré komponenty provozní linky nejsou poškozené a odpovídají smluvním podmínkám. Pokud některé součástky nejsou zcela v pořádku, je kupující nucen informovat psanou formou dodavatele.
- V případě porušených součástek, za předpokladu že nebyla provedena oprava nebo záměna, není možno zahájit provoz.
- Opravy může provádět pouze odborný a vyškolený personál.
- Kupující se před spuštěním musí přesvědčit, že všechny dodávky jako: stroje komponenty a ochranné montážní prvky, které jsou od jiných dodavatelů, se shodují se Směrnicemi strojů 20006/42/CE nebo popřípadě s Evropskými směrnici (např. 20006/95/CE- 2004/108/CE, atd.)
- Veškeré zásahy na strojích smějí provádět pouze kvalifikovaní a spolehliví pracovníci. Tím se myslí lidé, kteří na základě své profese získali zkušenosti, byli vyškoleni a mají dostatečné znalosti příslušných norem a předpisů o úrazové prevenci a provozních podmínkách. Tento personál odpovědnými osobami pověřený péčí o bezpečnost stroje musí být schopen vykonat požadované operace, jakož i rozpoznat a

Pokyny pro montáž, údržbu, uvedení do provozu a bezpečnost práce

včas předejít případným nebezpečím. (Definice kvalifikovaného personálu podle DIN 105 nebo IEC 364).

- Je nutno dodržet minimální věkovou hranici stanovenou zákonem.
- Svěřte příslušné práce pouze osobám správně vyškoleným nebo dostatečně zkušeným: přesně definujte kompetence personálu, pokud jde o používání stroje, jeho instalaci, údržbu a opravy.
- Ujistěte se, že zásahy na stroji jsou prováděny pouze a jedině oprávněnými osobami.
- Stanovte odpovědnost obsluhujícího personálu i z hlediska silničních předpisů a autorizujte ho k odmítnutí nařízení třetí strany, která budou v rozporu s bezpečností.
- Personál, který se právě zaučuje nebo absoluuje profesionální školení, může provádět zásahy na stroji pouze za stálého dozoru zkušené osoby.
- Zásahy na elektrickém zařízení stroje mohou být podle elektrotechnických norem prováděny pouze elektrikářem nebo vyškoleným personálem pod dohledem elektrikáře.[18]

7. Návod na obsluhu

- Před každým použitím hydraulického agregátu je zapotřebí zkontrolovat hladinu oleje v nádrži. Elektromotor je možno spustit jen za předpokladu že hladina oleje je nad středovou hodnotou ukazatele hladiny.
- Hydraulický agregát by neměl být spuštěn, pokud se mezi válci nenachází náprava. Je třeba dávat pozor, aby hydraulický agregát nefungoval na prázdno- po dosažení lisovacího tlaku je nutné vypnout elektromotor tlačítkem STOP.
- Hydraulický agregát se spustí sepnutím přepínače na hlavním elektrorozvaděči. Elektromotor se rozbíhá tlačítkem START a zastavuje tlačítkem STOP. Po rozběhu elektromotoru (8) proudí olej přes ovládací rozvaděč na lisu (12) zpátky do nádrže (1). Po sepnutí elektromagnetu YV1B dojde k přestavení rozvaděče DN6 (12) což způsobí vysunutí válců (17), přičemž je sepnut elektromagnet YV3. Po přerušení napětí na elektromagnetu cívky YV1B je tlak držen ve válcích za pomoci sedlového ventilu (10) a (24). Zpětný pohyb válců je zajištěn pomocí pružin a je nutno převést napětí na cívku elektromagnetu YV1A (12) a zároveň na cívku sedlového ventilu YV2 (10). Rychlost vysouvání a tlak lze regulovat pomocí škrticího ventilu (15) a redukčního ventilu (16). Kulové ventily (20) slouží pro odstavení jednotlivých stran lisu. [18]

8. Závěr

V této práci jsem se pokusil stručně vyličit historický vývoj kolejové dopravy a to jak na dráze železniční, tak i v městském provozu. A to v časové ose od zhruba 30. let 19. století, přes vznik 1 republiky, okupaci za 2. světové války až po současnost.

Dalším tématem, které jsem rozpracoval v samostatné kapitole, bylo popsání kolové části nápravy a postup výroby samotných náprav.

V následující kapitole jsem rozpracoval technický návrh hydraulického systému. Za pomoci jednoduchých výpočtů jsem byl schopný zvolit z katalogů několika dodavatelů zvolit jednotlivé hydraulické prvky.

V páté kapitole jsem se zabýval tlakovými ztrátami v obvodu. Celý systém jsem rozdělil na pět samostatných úseků. Do této kapitoly jsem zařadil pro ukázkou výpočet úseku 1, zbylé úseky jsem zpracoval do tabulky a zařadil mezi přílohy.


Další kapitolu jsem věnoval montáži, údržbě, zavádění do provozu a bezpečnosti. Při zpracovávání této kapitoly jsem se inspiroval návody od dodavatelů. Při psaní o bezpečnosti práce jsem vycházel z všeobecných podmínek.

V poslední řadě jsem se věnoval návodu na obsluhu.

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Dr. Ing. Miroslavu Bovovi za metodickou, pedagogickou, odbornou pomoc a za další důležité rady při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své matce a babičce za trpělivost a shovívavost a mým kamarádům za případné rady v průběhu studia.

V Ostravě 20. 5. 2012



podpis studenta

9. Seznam použité literatury

- [1] Ing. KYNCL, Jan a kolektiv. *Historie dopravy na území České republiky*, 1. vyd. Praha: Vladimír Kořínek, 2006. 146 s.
- [2] Bc. FIŠER, Petr. *Diplomová práce: Analytický řešič pro pevnostní výpočet náprav dvoukolí*, 1. vyd. Brno: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, 2012. 84 s.
- [3] Prof. Ing. FREIBAUER, Ladislav; Ing. DOSTÁL, Nakladatelství Josef. *Kolejové vozy I-Pojezd*, 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatury, n. p., 1974. 273s.
- [4] Doc. Ing. FOLPRECHT, Jan, CSc; Ing. KŘIVDA Vladislav, Ph.D.; Ing. FRIC, Jindřich; Ing. OLIVKOVÁ, Ivana, Ph.D. *Městská hromadná doprava (vybrané statě)*, 1. vyd. Ostrava: VŠB- TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2005. 124 s.
- [5] WIKIPEDIA. – *VarioLF3/2* [online], [cit. 2013-19-3]. Dostupné z: < <http://cs.wikipedia.org/wiki/VarioLF3/2> >
- [6] HYDRAULI CS. – *Přímocarář hydromotory* [online], [cit. 2012-8-1]. Dostupné z: < http://www.hydraulics.cz/vyrobni_katalog_primocarych_hydromotoru_CZ_2012.pdf >
- [7] BREVINIFLUIDPOWER. – *FP Hydraulic Power Pack* [online], [cit. 2011-6-11]. Dostupné z: < http://www.brevinifluidpower.com/books/cataloghi/FP-E_DOC00038.pdf >
- [8] BREVINIFLUIDPOWER. – *Valves and Electronics* [online], [cit. 2013-3-1]. Dostupné z: < http://www.brevinifluidpower.com/books/cataloghi/ARON-E_P35030200.pdf >
- [9] ARGO HYTOS. – *Dvojitě škrtící ventily* [online], [cit. 2008-5-1]. Dostupné z: < <http://argo-hytos.de/site/pdf/hytos/hc5051.pdf> >
- [10] BIERI HYDRAULICS. – *Pressure relief valves* [online], [cit. 2003-11-1]. Dostupné z: < http://www.bierihydraulics.com/fileadmin/media/pdf/techn_data_sheet_eng/DV700_EN_0311.pdf >
- [11] BOSCH REXROTH. – *Pressure reducing valves* [online], [cit. 2012-7-11]. Dostupné z: < http://www.boschrexroth.com/various/utilities/mediadirectory/index.jsp?publication=NET&ccat_id=20000&remindCcat=on&pagesize=50&search_action=submit?&language=en-GB&search_query=26570&History=p545157&DisplayType=pict >
- [12] PISTER KUGELHÄHNE. – *Block Kugelhähne* [online], [cit. 2013-3-1]. Dostupné z: < http://www.pister-gmbh.com/uploads/tx_gwpister/produktpdf/BKH.pdf >

- [13] BOSCH REXROTH. – *Solenoid operand valves* [online], [cit. 2011-2-2]. Dostupné z: < <http://apps.boschrexroth.com/products/compact-hydraulics/CV-Catalog/pdf/OD15XYZS.pdf> >
- [14] BOSCH REXROTH. – *Solenoid operand valves* [online], [cit. 2011-2-6]. Dostupné z: < <http://apps.boschrexroth.com/products/compact-hydraulics/CV-Catalog/pdf/OD15XYZS0.pdf> >
- [15] OLAER. – *Membránový akumulátor* [online], [cit. 2013-1-1]. Dostupné z: < http://olaer.cz/osp_320-ocz-cz.pdf >
- [16] SIVÁK, V. – *Projektování hydraulických systémů*. 1. vyd Ostrava: VŠB- TU Ostrava, 1990. 331s
- [17] PIVOŇKA, J a kolektiv. – *Tekutinové mechanismy*. Praha: SNTL, 1997. 623s
- [18] PROJEKČNÍ PODKLADY FIREM, INTERFLUID A DPO OSTRAVA
- [19] OLEJE.CZ. – *Hydraulické oleje* [online], [cit. 2013-5-9]. Dostupné z: < <http://www.oleje.cz/p/ekolube-hm-46-1-l-nalevany--1161> >
- [20] VAGONY.CZ. – *Kola kolejových vozidel* [online], [cit. 2010-7-4]. Dostupné z: < <http://www.vagony.cz/pojezdy/kola.html> >
- [21] TECHNET.IDNES.CZ. – *Jak vzniká obutí pro nejrychlejší lokomotivu světa* [online], [cit. 2008-7-12]. Dostupné z: < http://technet.idnes.cz/jak-vznika-obuti-pro-nejrychlejsi-lokomotivu-sveta-fotoreportaz-1ck-/tec_reportaze.aspx?c=A080622_221359_tec_reportaze_rja >

10. Seznam příloh

Příloha A – Motorová listina

Příloha B – Specifikace prvků

Příloha C – Tabulka ztrát v hydraulickém obvodu

Příloha D – Funkční schéma hydraulického obvodu

Příloha E – Výkres: Sestava válce

Příloha F – Výkres: Podsestava válce

Příloha G – Výkres: Čelo válce

Příloha H – Výkres: Píst

Příloha I – Výkres: Pístnice